

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Konetekniikan koulutusohjelma/ Käynnissäpito

Ville Kylliäinen

PAINELMAVERKOSTON PAINETASON OPTIMOINTI TEHTAAN
ILMANKULUTUKSELLE

Opinnäytetyö 2011

TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Konetekniikan koulutusohjelma

KYLLIÄINEN, VILLE

Paineilmaverkoston painetason optimointi tehtaan ilman kulutukselle

Insinöörityö

56 sivua + 27 liitesivua

Työn ohjaaja

Lehtori Risto Korhonen

Toimeksiantaja

Stora Enso, Imatran tehtaat

Joulukuu 2011

Avainsanat

paineilma, kompressorit, paineilmaverkko, paineilmajärjestelmä

Paineilma on kallis, mutta välttämätön yleishyödyke teollisuudessa. Imatran Kaukopään tehtaalla sitä käytetään useilla eri osa-alueilla melko huolettomasti ottaen huomioon tämän hetkisen energian säästötrendin.

Insinöörityössä oli tarkoituksena selvittää paineilmaverkoston mahdolliset vuotokohdat Imatran Kaukopään tehtaalla. Selvityksen alla olivat myös keinot tuotannon turvalliseen pyörittämiseen. Lisäksi tarkoituksena oli löytää vaihtoehtoisia ratkaisuja mahdollisten epäkohtien parantamiseen ja korjaamiseen. Kyseisillä toimenpiteillä pyritään saamaan aikaan energian säästöä ja karsia epäkohtia tehtaalla.

Kaukopään tehtaan paineilmaverkoston paineistettu tilavuus selvitettiin tulevaisuuden tarpeisiin. Paineilman painetta laskettiin hallitusti säännöllisin ajanjaksoin mahdollisten energiasäästöjen osoittamiseksi. Lopputuloksena vuotuiseksi säästökseen arvioitiin 90 000 euroa. Samalla löydettiin optimaalinen paineraja tehtaan kulutukselle.

Epäkohtia kartoitettaessa huomattiin suodattimien muuttamisen vähentävän paineilmaverkoston häviöitä oleellisesti. Tehtaan paineilmatuoton optimoimiseksi uuden kompressorin hankinta nähtiin tarpeelliseksi. Lopputuloksena vuotokartoituksen tekeminen ultraäänitutkan avulla säännöllisin väliajoin todettiin parantavan oleellisesti tehtaan hyötysuhdetta tulevaisuudessa.

ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Mechanical Engineering and Production Technology

KYLLIÄINEN, VILLE

Study of Compressed Air System Optimization

Bachelor's Thesis

56 pages + 27 pages of appendices

Supervisor

Risto Korhonen, Senior Lecturer

Commissioned by

Stora Enso, Imatra Mills

December 2011

Keywords

compressed air system, compressors, compressed air,
pneumatic system, compressed air network

Compressed air (CA) is an expensive but essential general commodity in industry. It is also used in several different areas of Imatra Kaukopää mills quite freely despite of today's energy-savings trend.

The objective of this engineering thesis work was to examine all the possible leaking spots of the CA network at the Kaukopää mills. Also the ways how to run the production process safely were under the investigations. Besides that, the idea was to find out alternative solutions to getting rid of all the weak links which might cause problems in the CA system. All these measures are meant to increase economic and production savings.

The Kaukopää mills' CA network pressure capacity was measured for the future needs. Controlled lowering of the CA pressure in certain time period was noticed to have a clear positive effect on energy savings. As a result, estimated annual savings were 90 000 euros. The study also found the optimal limit for the consumption of the CA pressure at the mills.

During the mapping of the leaking spots, changing the filter model was noticed to decrease losses in the CA network. A purchase of a new compressor seems to be necessary if the mills' CA yield is wanted to be optimized. On top of everything else, a regular leaks survey will have a strong positive effect on the efficiency of the Imatra Kaukopää mills in the future.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

ALKUSANAT

1	JOHDANTO	7
2	STORA ENSO IMATRAN TEHDAS	9
2.1	Stora Enso lyhyesti	9
2.2	Stora Enso Imatran tehtaat	9
2.2.1	Tulosityksiköt	11
2.2.2	Imatran Sellu	11
2.2.3	Voimalaitos	11
2.3	Efora	12
3	YLEISTÄ PAINEILMASTA	13
3.1	Kompressorityypit	13
3.1.1	Ruuvikompressori	15
3.1.2	Turbokompressori	16
3.2	Paineilmajärjestelmä	18
3.2.1	Järjestelmänosat	18
3.2.2	Paineilmaverkko	19
3.2.3	Suodatus	20
3.2.4	Öljyn erotus	20
3.2.5	Kuivatus	21
3.2.6	Laatu	22
3.2.7	Siirtäminen	24
3.2.8	Vuodot	26
3.2.9	Ohjausjärjestelmä	27
3.3	Energiatehokas paineilmajärjestelmä	28
4	KARTOITUKSET KAUKOPÄÄN TEHTAALLA	29
4.1	Paineilmavuotokartoitus	29

4.1.1	Vuotojen paikantaminen	30
4.1.2	Vuotojen kirjaus ja dokumentointi	31
4.1.3	Vuotojen korjaus	34
4.2	Paineilmaverkoston tilavuuden laskeminen	34
4.3	Kuivauskone 1:n optimointi paineilmaverkkoon	35
4.4	Voimalaitoksen paineilmaverkon kriittiset kohteet	36
5	PAINEILMAN PAINEEN LASKEMINEN KAUKOPÄÄN IMATRAN TEHTAALLA	37
6	TUTKIMUS KOMPRESSORIEN KEHITTÄMISTARPEESTA	40
7	PARANNUSEHDOTUKSIA	41
7.1	Vuotokartoitus vuosittain	41
7.2	Painetason lasku	41
7.3	Kompressorin hankinta	42
7.3.1	Sijoitus	42
7.3.2	Adsorptiokuivain	43
7.4	Painesäiliön hankinta	45
8	SUORITETUT INVESTOINNIT IMATRAN KAUKOPÄÄN TEHTAALLA	47
8.1	Suodatinmallien muuttaminen	47
8.2	Kompressorin uudistaminen ja kunnostaminen	48
9	YHTEENVETO	53

LIITTEET

- Liite 1. Kaukopään paineilmaverkoston tilavuusarvio
- Liite 2. DIN 2448 mukaiset ”ISO” – teräsputket normaaliseinämän paksuudella
- Liite 3. Stora Enson Kaukopään paineilmaraportti 22.4. - 23.10.2009
- Liite 4. Hankintatarjous kompressorista Kaukopäähän

ALKUSANAT

Tämän insinöörityön toimeksiantaja oli Stora Enso. Kymenlaakson ammattikorkeakoulun puolesta työtä ohjasi Risto Korhonen. Haluan kiittää toimeksiantajaa Stora Ensoa sekä erityisesti Ari Kososta ja Hannu Inkistä. Erikoiskiitokset ansaitsevat myös Olli-Pekka Sinisalo Atlas Copco Oy:stä ja Jukka Järventaus Sarlin Oy:stä. Haluan kiittää myös paineilmakompressoreista vastaavaa huoltomiestä Keijo Pulkista ja koko LVI - osastoa. Erityiskiitoksen ansaitsee myös Niina Ketola.

Lappeenrannassa 25.10.2011 Ville Kylliäinen

1 JOHDANTO

Paineilma on ilmaa, joka puristetaan korkeampaan paineeseen. Paineilmana pidetään vähintään kaksi kertaa ilmapainetta korkeampaa painetta. Paineilmajärjestelmissä paine saadaan aikaan kompressoreilla, joilla ilma puristetaan korkeampaan paineeseen.

Paineilmajärjestelmä toimii kiinteänä, tehtaan kattavana verkostona. Kompressorin tuottama ilma suodatetaan ja kuivataan, josta se ohjataan putkistoja ja letkuja pitkin käyttökohteisiin. Paineilma on hyötysuhteeltaan huonoa, mutta on korvaamaton teollisuudessa.

Tehtaan paineilmaverkoston vanhetessa tulee ongelmia, ja sen takia on lisättävä seurantaa ja tehtävä parannuksia. Paineen tuottaminen pyritään turvaamaan uusilla hankinnoilla niin, ettei tehtaalle aiheutuisi taloudellisia menetyksiä paineilman tuoton riittämättömyydestä. Työllä pyritään saamaan aikaan parannuksia tehtaan paineilmaverkostossa.

Insinööriytyössä selvitetään paineilmaverkon tilavuus Imatran kaukopääntehtaalla ja tutkitaan paine-erovaihteluiden vaikutusta Valmetin valmistamiin Kuivauskone 1:n suurpaalisitojiin. Samalla selvitetään onko paineilmaverkossa mahdolliseen paineeroon vaikuttavia asioita.

Insinööriytyössäni tutkitaan, mitkä asiat vaikuttavat suoraan Kuivauskone 1 tulevan paineilman kulutukseen ja mahdollisiin vaihteluihin suurpaalisitojissa tuotantolinjastossa. Selvitetään mistä kyseinen ongelma koostuu, sekä pyritään luomaan ratkaisu ongelmaan.

Työn tavoitteena on optimoida Kaukopään tehtaan paineilmaverkosto ja pyrkiä turvaamaan tuotannon tarpeisiin jatkuva paineilman saanti. Tavoitteisiin kuuluu myös vuotokartoituksen teko tehtaan paineilmaverkostolle. Kartoituksella on tarkoitus vähentää paineilmanjärjestelmän häviöitä. Lisäksi tehtaan paineilmaverkoston painetta alennetaan taloudellisemmalle tasolle.

Työn tekeminen alkoi vuoden 2008 puolivälissä. Ensimmäiseksi kohteeksi valittiin Kuivauskone 1 oletetut paineilmaongelmat. Tämän jälkeen alettiin kartoittaa paineilmaverkkoa paineilmavuotojen osalta. Vuotokartoituksen ohessa törmättiin myös mui-

hin paineilmaverkkoon kohdistuviin ongelmiin. Tutkiminen ja kehittäminen jatkuivat pitkälle vuoden 2010 puolelle.

2 STORA ENSO IMATRAN TEHDAS

2.1 Stora Enso lyhyesti

Stora Enso on maailmanlaajuinen paperi-, pakkaus- ja puutuotealalla toimiva yhtiö, jonka päätuotteet ovat sanomalehti- ja kirjapaperi, aikakauslehti- ja hienopaperi, kulluttajapakkauskartonki, teollisuuspakkaukset sekä puutuotteet. /1/

Konsernin palveluksessa on noin 26 000 henkilöä ja toimintaa on yli 35 maassa. Asiakkaita ovat kustantamot, painotalot ja paperitukkurit sekä pakkaus-, puusepän- ja rakennusteollisuus, joille tuotteita toimitetaan 85 tehtaasta ja tuotantolaitoksesta. /1/

Stora Enson vuosittainen tuotantokapasiteetti muodostuu 11,8 miljoonasta tonnista paperia ja kartonkia, 1,3 miljardista neliömetristä aaltopahvia sekä 6,4 miljoonasta kuutiometristä puutuotteita, joita jatkojalosteita on 3,2 miljoonaa kuutiometriä. Konsernin liikevaihto vuonna 2010 oli 10,3 miljardia euroa ja liiketulos ilman kertaluonteisia eriä ja käyvän arvon muutoksia 754,1 miljoonaa euroa. /1/

2.2 Stora Enso Imatran tehtaat

Stora Ensolla on yli satavuotiset perinteet Imatranseudulla. Enso Träsliperi Aktiebolag aloitti hiokkeen tuotannon 1889 ja paperinvalmistuksen 1907 Jääsken pitäjässä nykyisessä Svetogorskissa. Aktiebolaget Tornator käynnisti lankarullatehtaan sekä hiokkeen ja paperintuotannon Ruokolahden pitäjän Tainionkoskella 1890-luvun lopulla. /1/

Tänään Imatran tehtaat ovat Stora Enso -konsernin suurin tehdasyksikkö, johon kuuluvat tuotantolaitokset Imatran Kaukopäässä ja Tainionkoskella sekä Kotkan Karhulassa. Imatralla sijaitsevat tehtaat ovat Saimaan etelärannalla noin 250 kilometriä Helsingistä itään. Hallinnollisesti tehtaat kuuluvat Pakkauskartongit-tulosryhmään. /1/

Tehdaskokonaisuus Imatralla käsittää kaksi tehdasyksikköä, Kaukopään (kuva 2.1) ja Tainionkosken (kuva 2.2). Lisäksi kokonaisuuteen kuuluu päällystyskone PE4 Karhulan tehtailla. Myyntiorganisaatio vastaa eri tuotealueiden tuotteiden myynnistä ja markkinoinnista sekä huolehtii asiakaspalvelusta yhteistyössä maailmanlaajuisen myyntikonttoriverkoston kanssa. /1/



Kuva 2.1. Stora Enso Imatran Kaukopään tehdas Saimaan rannalla. /1/



Kuva 2.2. Stora Enso Imatran Tainionkosken tehdas. /1/

Imatran tehtaat ovat tuotantomäärältään maailman suurimpia kuluttajapakkauskartonkien valmistajia. Kartonki ja paperi kulkeutuvat asiakkaiden kautta kotitalouksiin nestepakkauksina, postikortteina, pakasterasioina, kosmetiikkapakkauksina, erilaisina makeisrasioina, kopiopaperina, tuotepakkauskääreinä ja niin edelleen. /1/

Imatralla sijaitsee yksi Stora Enson viidestä tutkimuskeskuksesta ja Stora Enso Metsän Suomen päätoimipaikka. Yhteensä Stora Enso työllistää Imatran seudulla noin 1000 henkilöä. Tehtaaseen kuuluu 2 sellutehdasta, 2 paperikonetta, 4 kartonkikonetta, 3 päällystyskonetta ja 1 arkkileikkuri sekä painokoneita. Paperi- ja kartonkikoneiden yhteinen tuotantokapasiteetti on 1 235 000 t/a. /1/

2.2.1 Tulosyksiköt

Imatran Kartongit -tulosyksikköön kuuluvat kartonkikoneet ja päällystyskoneet. Koneet KA1, KA2, KA4 ja KA5 valmistavat kuitupohjaisia kuluttajapakkauskartonkeja, joiden lopputuotealueisiin kuuluvat nestepakkaustuoretuote- ja elintarvikekartonkien lisäksi aseptiset nestepakkauskartongit sekä graafiset kartongit. /2/

Paperikone 6 on niin kutsutusti ”Flexible Packaging Papers” -tulosyksikkö, jossa valmistetaan joustopakkaus- ja teknisiä papereita. Laminating Papers Oy muodostuu Tainionkosken paperitehtaan PK 7:sta. Tällä koneella valmistetaan vanerin pinnoitekalvojen raakapaperia ja Absorbex-voimapaperia, jota käytetään mm. laminaattien ja sähköteknisten tuotteiden valmistuksessa. /2/

2.2.2 Imatran Sellu

Imatran Sellu kuuluu kuluttajapakkauskartonkien Imatran tuotanto-organisaatioon ja Stora Enso Oyj:n Pakkauskartongit-tulosryhmään. Se tuottaa sellua, lämpöenergiaa ja sähköenergiaa.

Kuorimolla on kaksi vuonna 2001 valmistunutta puunkäsittelylinjaa, jotka kuorivat ja hakettavat puut Kuitulinja 2:n ja Kuitulinja 3:n käyttöön. Kuitulinja 2 (KL2) tuottaa havupuusta valkoista pitkäkuitusellua. Huhtikuussa 2001 käynnistynyt kuitulinja 3 (KL3) tuottaa lehtipuusta valkoista lyhytkuitusellua. Uusi kuivauskone sellulle ja CTMP:lle valmistui keväällä 2001. /2/

2.2.3 Voimalaitos

Vuotuinen sähköenergian tuotanto on n. 800 GWh, mikä vastaa n. 60 % tehtaiden tarpeesta. Tehtaan oma sähköntuotanto on kokonaan vastapaine-energiaa. Tehtaiden vuotuinen lämmönkulutus on öljyksi muutettuna n. 550 000 tonnia. Mustalipeän ja puupolttoaineiden osuus on 90 %. Loput energiasta tuotetaan maakaasulla. Öljyä käytetään ainoastaan maakaasun varapolttolaitteena. /3/

2.3 Efora

Efora Oy on kunnossapito- ja engineering-palveluihin erikoistunut yritys. ABB:n tytäryhtiönä sen liiketoimintamalli perustuu ABB Full Service® -konseptiin. Eforan ollessa ABB:n ja Stora Enson yhteisyritys, se luonnollisesti vastaa myös Stora Enson Imatran tehtaiden kunnossapidosta. Muut Eforan toimipisteet sijaitsevat Heinolassa, Helsingissä, Kemissä, Oulussa, Uimaharjussa ja Varkaudessa. Imatralla Efora työllisti noin 380 henkilöä vuonna 2008. Tämän hetken henkilöstömäärästä ei ole tarkkaa tietoa. /4/

Imatran tehtailla Efora tunnettiin aikaisemmin nimellä Stora Enso Saimaa Services (SESS). 1.4.2005 perustettu SESS toimi sisäisenä palveluyhtiönä, joka tuotti ja kehitti tehtailla toimivien tulosityksiköiden tarvitsemia palveluja ja tukitoimintoja. SESS oli täysin Stora Enson omistama tytäryhtiö. Stora Enso Saimaa Services nimen vaihtuessa Eforaksi 23.10.2008, myytiin 49 %:n osuus yrityksestä ABB:lle täydellä hallintovalalla. Stora Enson omistusosuus Eforasta on 51 %. /5/

3 YLEISTÄ PAINEILMASTA

Paineilmalla tarkoitetaan ilmaa, joka on puristettu ulkoilmasta eli normaali ilmanpaineesta vähintään kaksi kertaa suurempaan ilmanpaineeseen kompressorin avulla. Kompressorit tuottaa paineilmaa, joka johdetaan putki- ja letkulinjoissa käyttökohteisiin. Paineilmaa käytetään hyödyksi ohjauksissa, hapetuksessa, jäähdytyksissä, kuljetuksissa, paineistuksissa, puhdistuksissa ja erilaisissa muissa kohteissa voimanlähteenä. Kuitenkin on hyvä pitää mielessä, että esimerkiksi vaatteiden puhdistaminen voi olla hengenvaarallista. /6/, /7/

Paineilmalla on huono hyötysuhde, eli noin 30 % tai alle, paineesta ja häviöistä riippuen. Se on kuitenkin välttämätön yleishyödyke paperitehdasyksiköissä ja muualla teollisuudessa. Paineilma toimii väliaineena, jota varastoidaan tehtaiden paineilmajärjestelmän putkistoihin ja säiliöihin. Etuna ovat siisteys ja paloturvallisuus. Lisäksi paineilma on oikein käytettynä turvallista. Paineilman saatavuus teollisuudessa on turvattu laajalla ja kattavalla paineilmanverkolla. /8/, /9/

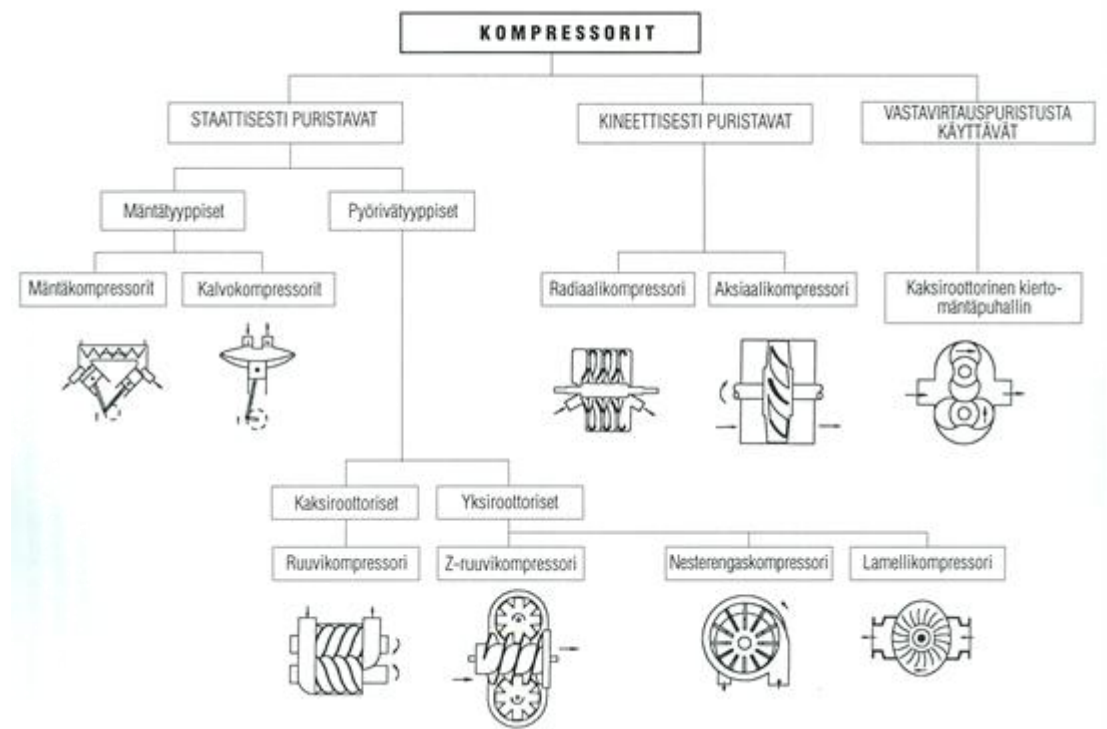
Paineilman siirrossa aiheutuu painehäviöitä, joita pyritään minimoimaan. Tämän vuoksi pyritään rakentamaan suoria, saumattomia ja halkaisijaltaan suuria putkistoja, koska pienet putkistot lisäävät siirrosta tulevia painehäviöitä. Lisäksi suuri putkikoko lisää verkoston säiliötilavuutta ja näin ollen pienentää painehäviöitä. Suurimmat siirrosta aiheutuvat häviöt muodostuu mutkista, saumoista, venttiileistä, haaroista ja vuotoista. /10/

Paineilman suodatus aiheuttaa myös painehäviöitä, joita pyritään minimoimaan suurimmilla suodatin pinta-aloilla sekä puhtaalla tuloilmalla. Suodattimien säännöllinen vaihtaminen uusiin pienentää painehäviöitä merkittävästi. Paineilma kuivatus aiheuttaa myös kuivaimessa painehäviöitä. Paineilma kuuluu olla kuitenkin laadultaan hyvää, joten painehäviöitä ei voi kokonaan poistaa kyseisistä kohteista.

3.1 Kompressorityypit

Kompressorit ovat tärkeässä asemassa paineilmanverkoston energiatehokkuuden kannalta. Paineilmakompressoreihin liittyvät suureet ovat ilman käyttöpaine bar ja tilavuusvirta m^3/min , jotka määräävät optimaalisen kompressorityypin ja koon. Kompressorien valintaan vaikuttavat käyttökohteen tuoton tarve ja tuotettavan ilman puhta-

us. Niiden kapasiteetti on riittävä tyydyttämään paineilman kokonaistarve. Kuvassa 3.1 on esitetty erilaisten paineilmakompressorien toimintaperiaatteet ja rakenteet ja taulukossa 3.1 muutamien kompressorien tyypilliset toiminta-alueet. /6/



Kuva 3.1. Paineilmakompressorien sukupuu. /11/

Taulukko 3.1. Tyypilliset toiminta-alueet komessoreittain. /8/

Tyyppi:	Tuotettu paine (MPa):	Tilavuusvirta (m ³ /min):
Mäntäkompressorit	0,1 – 100	0,005 – 3
Ruuvikompressorit	0,08 – 3	0,25 – 10
Lamellikompressorit	0,02 – 0,8	0,08 – 2
Radiaaliturbokompressorit	0,07 – 30	0,1 – 50
Aksiaaliturbokompressorit	0,08 – 0,5	10 – 100

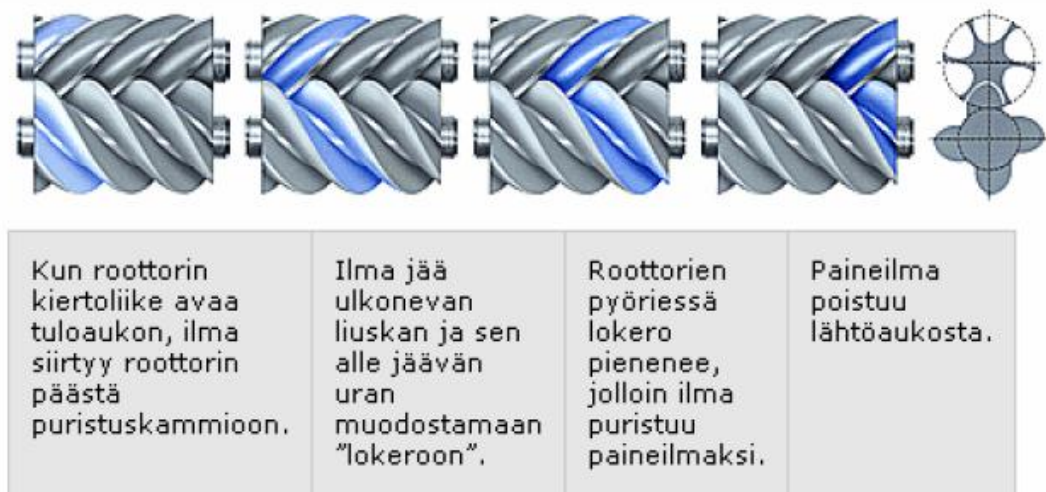
Nykyään teollisuudessa käytetään pääsääntöisesti öljyttömiä ruuvikompressoreita ja tehokkaampia turbokompressoreita, joilla saavutetaan hyvä paineilman laatu jälkikäsittelyllä eli suodatuksella ja kuivauksella. Suuria mäntäkompressoreita tavataan enää vain harvoin teollisuudessa niiden huonojen laatu- ja teho-ominaisuuksien vuoksi. Pienet mäntäkompressorit ovat vielä yleisiä kotikäytössä alhaisen hinnan ansiosta.

Kompressorin käyntitiedot on nimetty yleisesti kevennys- ja kuormakäynneiksi. ”Kuormalla” kompressorikäy täydellä teholla ja parhaalla hyötysuhteella. Kevennyksessä kompressorikäy ei tuota paineilmaa, mutta kuluttaa valmistajasta ja kompressorista riippuen noin 20 - 40 % täydestä tehosta sähköenergiaa. Ajoa kannattaa välttää kompressorien ollessa kevennyksellä. /12/

Kompressorin sijoittaminen oikeisiin olosuhteisiin on ensiarvoisen tärkeää, sen toimivuuden ja pitkäikäisyyden takaamiseksi. Optimaalinen sijoitus pitää sisällään oman, hyvin ilmastoidun ja viileän tilan. Tila on pidettävä mahdollisimman puhtaana. Tuotannon tehokkuuden kannalta kompressorikäy on asetettava keskeiseen paineilman kulkukohteeseen. Lisäksi on huomioitava sähkön saanti, viemärointi, lämmön talteen otot yms. /13/, /14/

3.1.1 Ruuvikompressor

Ruuvikompressorissa on ruuvimaiset, pyörivät matala- ja korkeapaine-elementit, joilla puristetaan ilma korkeampaan paineeseen. Puristustapahtuma on havainnollistettu kuvassa 3.2. Näin tuotettu paineilma on sykkeetöntä ruuvien tasaisen ilmanpuristumiskäyttäytymisen johdosta. Mäntäkompressoreihin verrattuna näiden väitetään olevan myös hiljaisempia vaihtoehtoja. /8/



Kuva 3.2. Ruuvikompressorin puristustoiminta. /15/

Alla olevassa taulukossa (3.2) esitetään Imatran Kaukopään tehtaalla käytössä olevat ruuvikompressorit ja niiden tuotto. Kysymyksessä ovat öljyttömät ruuvikompressorit, joissa elementit eivät kosketa toisiaan, vaan niitä pyöritetään hammaspyöräkäytöllä.

Tehtaalla olevat koneet ovat myös ns. vakiotuottoisia kompressoreita vaikka myös muuttuvatuottoisia kompressoreita löytyy markkinoilta. /8/

Taulukko 3.2. Kaukopään ruuvikompressorityypit ja niiden tuotto. Taulukon tiedot koottu lähteistä /16/, /17/.

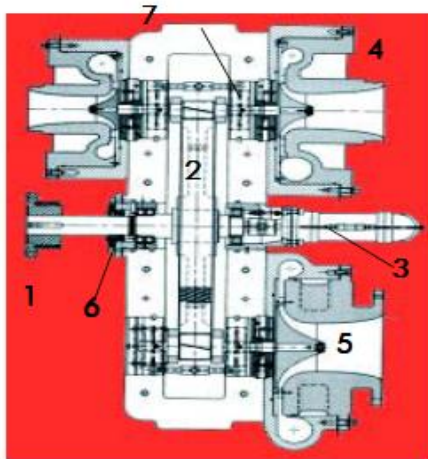
Kompressorityyppi	Määrä	Valmistus- vuosi	Tuotto/kpl (m ³ /min)	Sijainti
Ruuvikompressori ZR-6	1	-77	100	VO/TU 7 alakerta
Ruuvikompressori ZR-6	2	-81, -77	100	Ka kompressorias. Ka 1-2 kuivapää
Ruuvikompressori ZR-6	1	-87	100	KL3 alakerta
Ruuvikompressori ZR-4	1	-80	34	PT
Tuotto yhteensä			434 m ³ /min	

Vakionopeuksista ruuvikompressoria, jonka ruuviyksikön pyörimisnopeutta ei siis voida säätää, kutsutaan vakiotuottoiseksi kompressoriksi. Tällainen kone tuottaa aina paineilmakulutuksestaan riippumatta vakiomäärän paineilmaa. /18/ Muuttuvatuottoisen ruuvikompressorin nopeutta voidaan säätää taajuusmuuntajan avulla. Pyörimisnopeutta voidaan muuttaa paineilman tarpeen mukaan ja koska paineilmaa ei tarvitse tuottaa ylitse sen tarpeen, energiaa säästyy. /19/

Vaikkakin vakiotuottoisen ruuvikompressorin käyttö on järkevää käyttöympäristössä, jossa paineilman tarve pysyy tasaisena, niin suurimmassa osassa paineilman loppukäyttökohteista sen tarve vaihtelee suuresti. Useimmissa käyttökohteissa kustannustehokkaampi ja järkevämpi ratkaisu olisikin käyttää muuttuvatuottoista ruuvikompressoria.

3.1.2 Turbokompressori

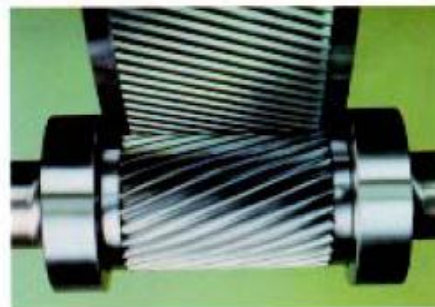
Kineettisiä kompressoreita kutsutaan myös nimellä turbokompressorit, ja näihin lasetaan sekä aksiaali- että radiaalityyppiset koneet. Kuvassa 3.3 esitetään 3-vaiheisen turbokompressorin poikkileikkauskuva. /20/ ja kuvassa 3.4 esitetään ilman kulku siivistön läpi. Tällaiset kompressorit valmistetaan tuottamaan suuria ilmamääriä painevaatimusten ollessa alhaiset. /8/



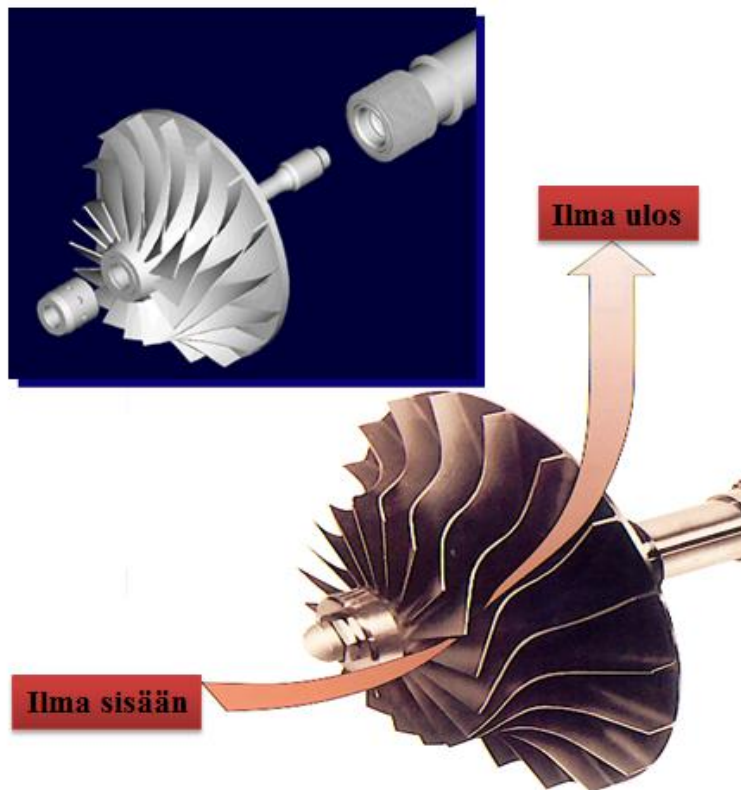
- | | |
|-----------------------|------------------|
| 1. Akselikytkin | 2. Hammaspyörä |
| 3. Öljypumppu | 4. Turbiinipesä |
| 5. Turbiini | 6. Hydr. laakeri |
| 7. Labyrinttitiiviste | |



Raskasrakenteinen ja leveä vinohammaspyörä ohjaimineen



Kuva 3.3. 3-vaiheinen turbokompressor. /20/



Kuva 3.4. Ilman kulku turbiinipesässä olevassa siivistössä. (Kuvat muokattu lähteestä: /21/)

Airila ym. väittävät Kompressorikirja-teoksessaan /9/ turbokompressoreiden huonoksi puoleksi niiden toimintahäiriöt kuristettaessa liikaa tuottopuolen virtausta. Heidän mukaansa virtauksen kuristuminen aiheuttaa helposti roottoreiden sakkautumisen ja sen myötä virtauksen suunnan kääntymisen päinvastaiseksi. Ulvova ääni ja mahdolliset vaurioituneet siivistöt ovat merkki tästä ongelmasta. Tehdaskokemuksen perusteella sakkauksista johtuvia toimintahäiriöitä ei kuitenkaan ilmene. Lisäksi jälkikäsittelyn ansiosta tuotannon vaatimat paineilman laatuvaatimukset täytetään toivotulla tavalla. Alla, taulukossa 3.3, esitetään Kaukopään tehtaalla käytetyt turbokompressorityypit ja niiden tuotot.

Taulukko 3.3. Kaukopään turbokompressorityypit ja niiden tuotto. Taulukon tiedot koottu lähteistä /16/, /17/.

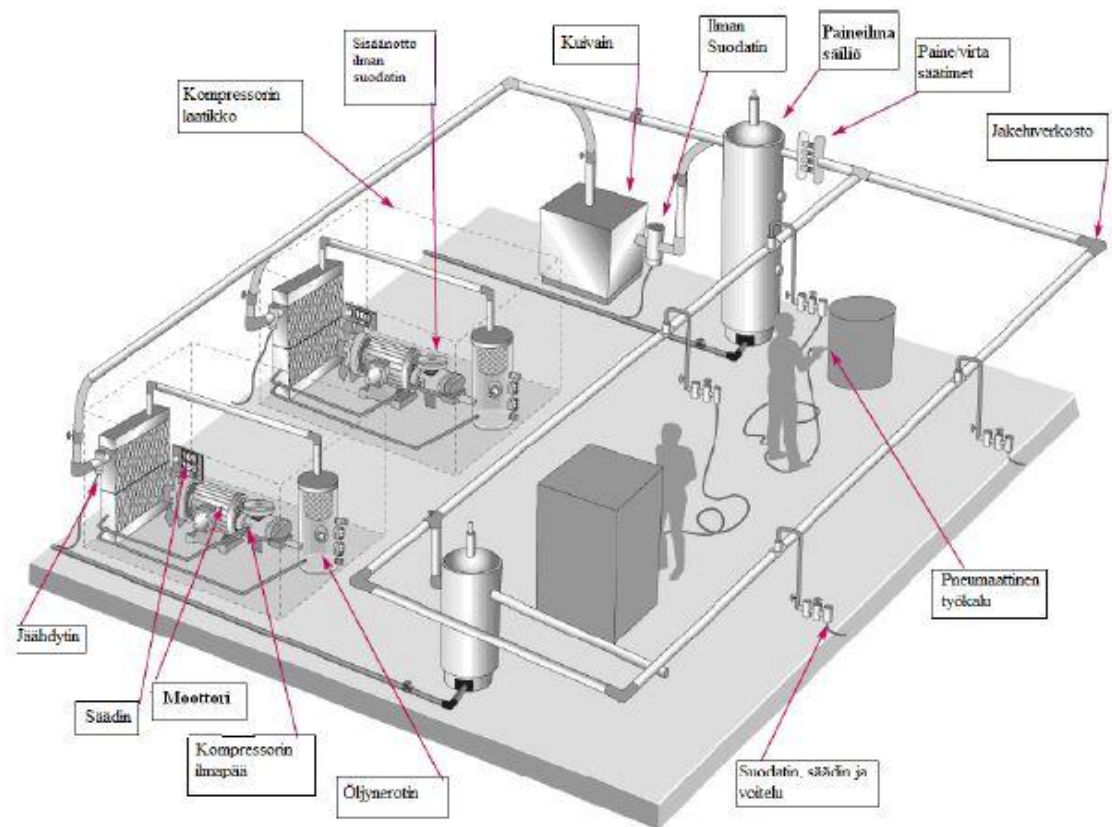
Kompressorityyppi	Määrä	Valmistus- vuosi	Tuotto/kpl (m ³ /min)	Sijainti
Turbokompressorit TD 507	1	-96	50	Ka 4 säiliöos. alakerta
Turbokompressorit ZH-6	1	-00	150	KL3 alakerta
Tuotto yhteensä			200 m ³ /min	

3.2 Paineilmajärjestelmä

Paineilmajärjestelmällä pyritään jakamaan mahdollisimman pienillä painehäviöillä paineilmaa kompressorista käyttöpaikoille. Seuraavaksi syvennyttään tarkemmin paineilmajärjestelmän toimivuuteen liittyviin tekijöihin. /6/

3.2.1 Järjestelmänosat

Toimivaan paineilmajärjestelmään kuuluvat yleensä kompressorin lisäksi paineilman jälkikäsittelylaitteet, paineilmasäiliö, paineilmaverkosto, toimintaa ohjaavat venttiilit sekä toimilaitteet, kuten sylinterit ja moottorit. Kuvassa 3.5 esitetään esimerkki paineilmajärjestelmästä ja nimetty komponentit. Koska tehtaalla on yhtenäinen paineilmaverkosto, paineilman on täytettävä korkeat laatuvaatimukset, kuten käy ilmi kappaleessa 3.2.6. /6/

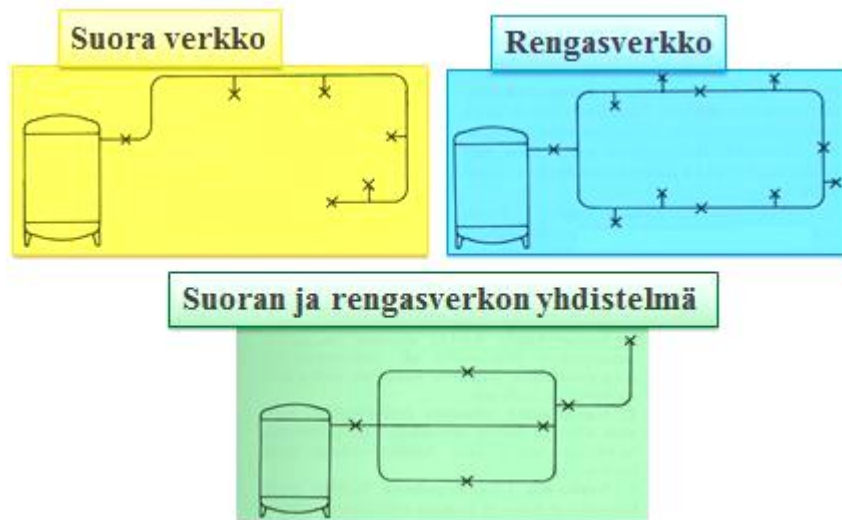


Kuva 3.5. Paineilmajärjestelmä. /12/

Paineilmajärjestelmän toimivuuden kannalta kompressorit tulee huoltaa säännöllisesti ja ne on pidettävä käyttökunnossa. Lisäksi on käytettävä oikeita ja työturvallisia voiteluaineita. Voiteluaineiden kulutus on säädettävä sopivaksi laitteistolle. /6/

3.2.2 Paineilmaverkko

Paineilmaverkko on tehty yleensä putkesta, joka kestää paineilmaa vähintään noin 10 baaria. Paineilma ohjataan kompressoreilta verkoston avulla toimilaitteille, jossa sitä käytetään voimanlähteenä. Paineilmaverkko on voitu rakentaa lenkiksi, suoraksi tai näiden yhdistelmiksi kuten kuvassa 3.6 on esitetty. Paineilmaverkkoon voidaan varastoida ilmaa kulutus piikkejä varten. /9/ Verkon toimivuuden varmistamiseksi on käytettävä oikeita putkikokoja, liittimiä, venttiilejä ja varusteita. /6/



Kuva 3.6. Paineilman jakeluverkon esimerkit. /9/

3.2.3 Suodatus

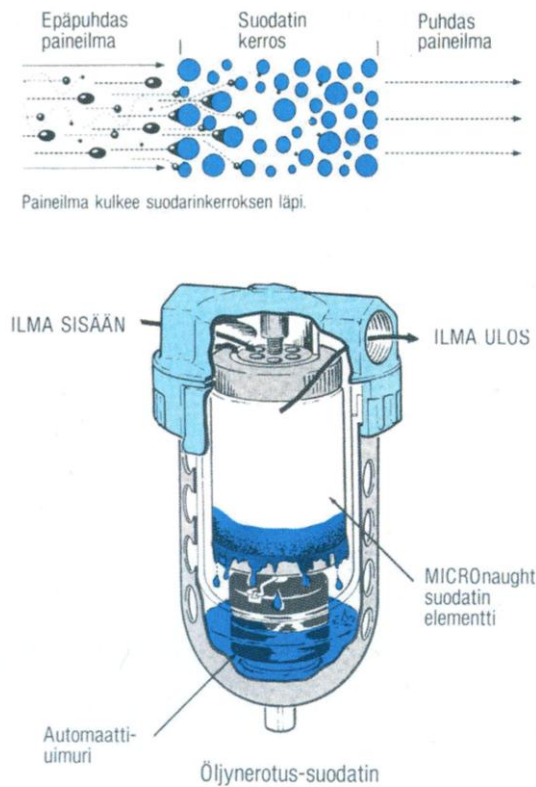
Suodatuksessa pyritään poistamaan epäpuhtaudet paineilmasta. Suodattamalla saadaan paineilmasta puhtaampaa ja sitä kautta laatuun voidaan oleellisesti vaikuttaa. Kiinteitä aineita pyritään poistamaan erilaisilla suodattimilla kuten hieno, mikro, aktiivihiili ja steriilisuodattimilla. Suodatintyyppi kuuluu valita käyttökohteen mukaan. /6/

Paineilmakompressoriin ohjattu ilma suodatetaan ennen sen puristamista paineilmaksi. Kompressorin jälkeen paineilma kuivataan ja ohjataan tiheämmille suodattimille. Teollisuudessa suodatettava paineilma voidaan suodattaa jopa alle $0,01\mu\text{m}$. Sairaaloissa ja lääketieteellisyydessä tarvitaan sterilisaation takia suodattimia, joilla pystytään poistamaan bakteerit paineilmasta. /6/

3.2.4 Öljyn erotus

Suodatusmenetelminä käytetään mekaanista suodatusta, yhdistymissuodatusta ja adsorptiota. Öljyn erotus on toteutettu suodattamalla öljy suuremmiksi pisaroiksi, jotka painavina painuvat suodattimien pohjalle kuten kuvassa 3.7 voidaan nähdä. Öljyä esiintyy paineilmassa nesteenä, sumuna ja kaasuna. Öljy täytyy saada pois paineilmasta ennen sen joutumista paineilmaverkostoon. Öljy tukkii putkistoja ja heikentää virtausta, joka taas lisää häviöitä. Öljyä käytetään paineilmatyökalujen voitelussa hyödyksi kitkan pienentämiseksi, mutta käyttökohteittain öljylle kuuluu olla omat annostelijat. Lauhdevesi ja öljy eivät toimi voiteluaineena, joten se on poistettava. Jäähdytys

kuivaimella pystytään saamaan höyrystynyt öljy tiivistymään. Adsorptiosuodattimilla pystytään poistamaan paineilmasta öljyä tehokkaasti. /8/



Kuva 3.7. Öljynerotus-suodatin. /8/

Haittavaikutukset öljyisestä paineilmasta ovat tiivisteiden kulumiset, instrumentti suuttimet, venttiilit ja toimilaitteiden tukkeentumiset lisäksi laitteiden osat syöpyvät ja maalipinnat kärsivät. Mikäli haittavaikutusten myötä paineilmajärjestelmän laitteet vi-
kaantuvat, myös kunnossapitokustannukset nousevat. /8/

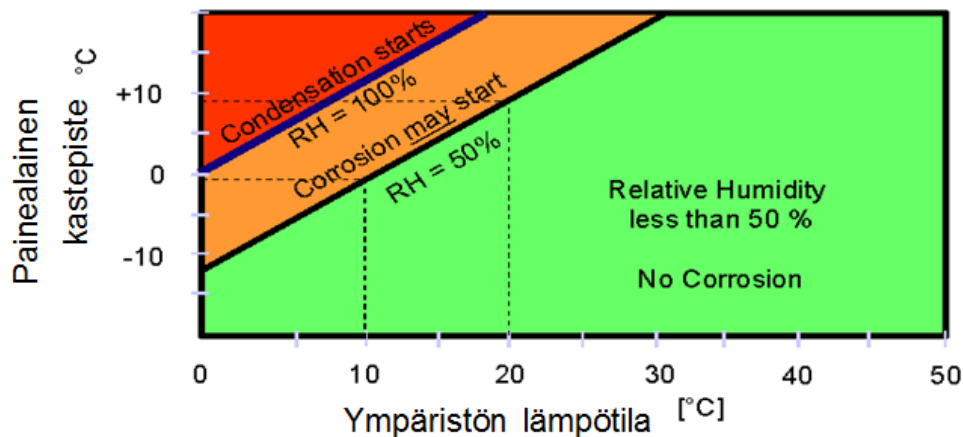
3.2.5 Kuivatus

Paineilman kuivaamisella saavutetaan laadukkaampaa ilmaa ja vähennetään kosteuden tuomia ongelmia paineilmaverkostossa. Ilma ohjataan puristamisen jälkeen jälkijähdyttimeen, jossa paineilmasta poistetaan vettä ensimmäisen kerran. Jälkijäähdytin on sijoitettu usein kompressoriyksikön yhteyteen tai välittömään läheisyyteen. Sen vedenpoistokyky on 80 – 90 % tulevan ilman absoluuttisesta kosteudesta. /10/

Jälkijäähdytin yksinään ei kuitenkaan riitä tehtaan vaatiman paineilmalaadun saavuttamiseen, vaan käytössä ovat myös jäähdytyskuivaimet. Jäähdytyskuivaimilla pysty-

tään laskemaan ilmentkastepiste $+2\text{ }^{\circ}\text{C}$ lämpötilaan. Kuiva ilma on kastepisteeltään alhaisempaa kuin ympärillä oleva ilmanlämpötila. Kuivinta paineilmaa saadaan aikaan kuitenkin vasta lisäämällä absorptiokuivatusyksikkö paineilmajärjestelmään. Adsorptiokuivaimella voidaan laskea ilmentkastepiste jopa lämpötilaan $-90\text{ }^{\circ}\text{C}$. /10/

Kuivatuksella pyritään poistamaan paineilmaasta kosteutta, joka aiheuttaa jäätymistä, laiterikkoja, ruostumista ja vaaratilanteita. Alhainen tuloilman kosteustaso vaikuttaa oleellisesti puristettavan ilman kosteuteen ja sitä kautta kuivatuksen tarve pienenee. Kuivalla paineilmalla pystytään pidentämään laitteiden ja koneiden käyttöikää ja säilyttämään niiden käyttöominaisuudet pidempään. Myös mahdollinen korjaustarve vähenee. Kuvassa 3.8 on esitetty paineenalaisen kastepisteen vaikutus korroosioon suhteessa ympäristön lämpötilaan. /8/



Kuva 3.8. Paineilman kastepisteen ja ympäristön lämpötilan vaikutus korroosioon. /21/

3.2.6 Laatu

Paineilman laatustandardi ISO 8573.1 (taulukko 3.4) määrittelee paineilmaluokituksen. Paineilman laatuun voidaan vaikuttaa suodattimen tiheydellä, kuivaimilla ja erottimilla. Paineilman laatu pyritään määrittelemään käyttökohteiden mukaan. Virukset ja bakteerit voivat osaltaan vaikuttaa paineilmaan laatuun. Paineilman laatuvaatimuksia ei kannata kustannussyiden takia ylittää. Kustannukset nousevat laadun parantumisessa huomattavasti. Paineilman laatua mitataan puhtaudella ja kuivuudella. /22/

Taulukko 3.4. Paineilman laatustandardi ISO 8573.1. /23/

Luokka	Kiinteät hiukkaset Hiukkasten suurin määrä/m ³			Paineenalainen kastepiste °C	Öljy (sis. höyry) mg/m ³
	0,1–0,5 mikronia	0,5–1 mikronia	1,0–5 mikronia		
1	100	1	0	-70	0,01
2	100 000	1 000	10	-40	0,1
3	-	10 000	500	-20	1
4	-	-	1 000	3	5
5	-	-	20 000	7	-
6	-	-	-	10	-

Paineilman laatu paranee kiinteiden epäpuhtauksien partikkelikoon pienetessä ja pitoisuuden laskiessa. Taulukosta 3.5 nähdään, miten erilaisilta tuotantolaitoksilta vaaditaan eri laatuluokituksia käyttötarkoituksesta riippuen. Tyypillisesti elintarviketeollisuudessa vaaditaan hyvää paineilman laatua kiinteiden epäpuhtauksien osalta (luokka 1). /22/

Taulukko 3.5. Laatuluokat paineilman puhtaudelle käyttökohteittain. /23/

KÄYTTÖKOHDE	TYYPILLISET LAATULUOKAT			Paineilman laatuluokitus- suositukset koskevat yleiskäyt- töön tulevaa paineilmaa.
	Kiist.	Vesi	Öljy	
Elintarvikkeet, virvoitusjuomat	1	2-4	1	Taulukossa vasemmalla ovat laatuluokitus- suositukset muutamiin tyypillisiin käyttötar- koituksiin.
Filmien kehitys	1	1	1	
Fluidistorit, toimilaitteet	4	4	1-3	
Fluidistorit, anturit	2	1-2	2	
Hiekkapuhallus	-	2-4	3	
Hitsauskoneet	4	4	5	
Ilmalaakerit	2	2	1-3	
Ilmamootorit, pienet	3	1-3	3	
Ilmamootorit, raskaat	4	1-6	5	
Ilmaturbiinit	1-2	2	3	
Instrumentti-ilma (prosessi)	2	2-4	1-3	
Kaivoskoneet	4	2-4	5	
Kallioporakoneet	4	2-5	5	
Konepajailma, yleiskäyttö	4	6	5	
Käsityökalut, ilmakäyttöiset	4	4-5	4-5	
Mittausilma	2	3	3	
Paineilmasyinterit	2-3	2-4	2-4	
Pakkaus- ja tekstiilikoneet	4	2-4	3	
Pneumaattinen siirto, pulverit	2	3	2	
Pneumaattinen siirto, rakeet	3	4	3	
Rakennusteollisuus	4	5	5	
Ruiskumaalaus	3	2-4	1-3	
Sekoitusilma	3	5	3	
Tarvikkeuspainesäätimet	2-3	2-4	2-3	
Työkalut, koneistuksessa	4	2-4	5	
Valimon koneet	4	6	5	

KIINTEÄT EPÄPUHTAUDET Maksimipartikkelikoko ja pitoisuus		
Luokka	Partikkelikoko µm	Pitoisuus mg/m ³
1	0,1	0,1
2	1	1
3	5	5
4	15	8

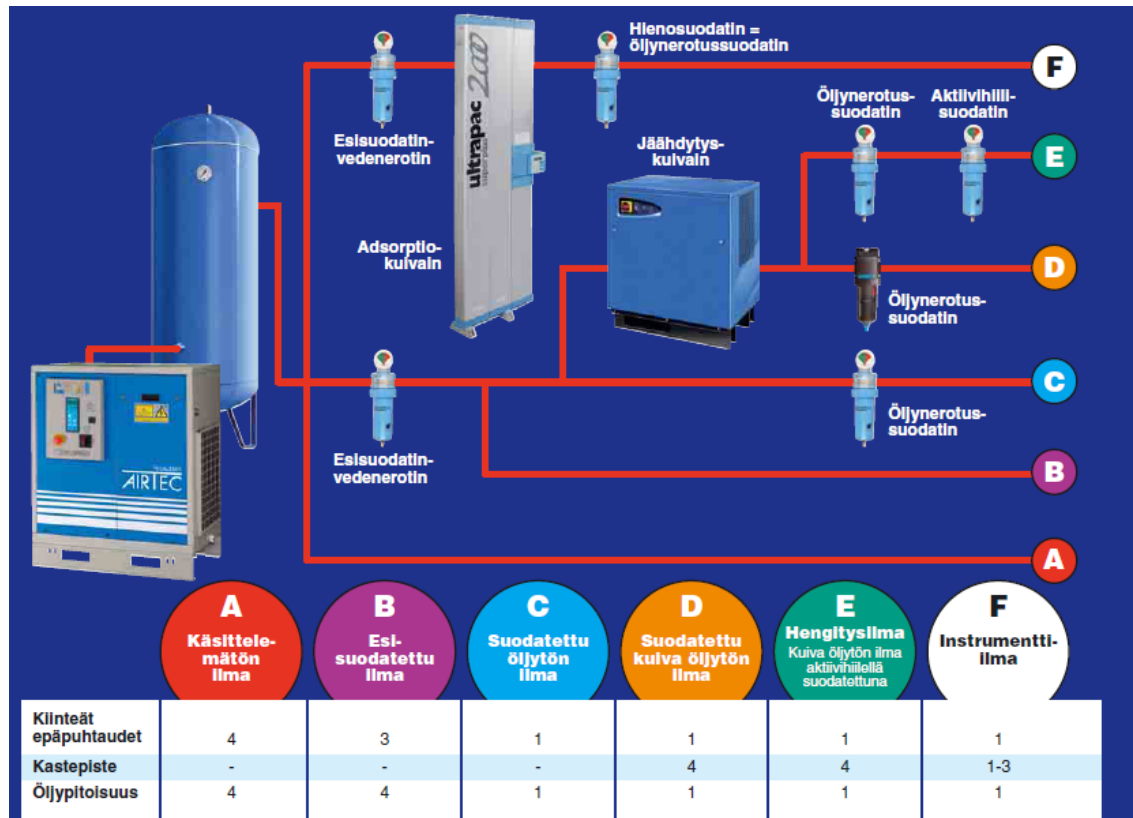
VESI Paineenalainen kastepiste ja vesipitoisuus		
Luokka	Paineenalainen kastepiste	Vesipitoisuus g/m ³
1	-70°C	0,003
2	-40°C	0,12
3	-20°C	0,88
4	+3°C	6
5	+7°C	7,8
6	+10°C	9,4

KOKONAISÖLJYMÄÄRÄ (pisarat, aerosolit ja höyryt) Maksimipitoisuus		
Luokka	mg/m ³	
1	0,01	
2	0,1	
3	1,0	
4	5	
5	25	

Laadun mittarina käytetään lisäksi paineenalaista kastepistettä. Kuten jo kappaleessa 3.2.5 on mainittu, paineilmaa jäähdytettäessä ilma kuivuu ja laatu paranee. Tämän vuoksi paineilmaasta poistetaan mahdollisimman paljon vettä. Paineenalainen kastepiste voidaan laskea kuivatuksessa esimerkiksi lämpötilaan -70 °C, jolloin saadaan vesipitoisuus pienenemään 0,003 g/m³ asti. Paineilman laatua mitataan myös sen sisältä-

män kokonaisöljymäärän mukaan. Ilma on sitä puhtaampaa mitä vähemmän se sisältää öljyä. Öljyn erottaminen paineilmaasta toteutetaan siihen tarkoitetuilla erottimilla, joista on kerrottu kappaleessa 3.2.4. /22/

Tietyn laatuluokan saavuttamiseksi joudutaan useimmiten käyttämään useampaa eri laadunparannusmenetelmää. Kuvassa 3.9 esitetään esimerkkejä eri menetelmäyhdistelmistä ja niillä saavutetut laatuluokat.

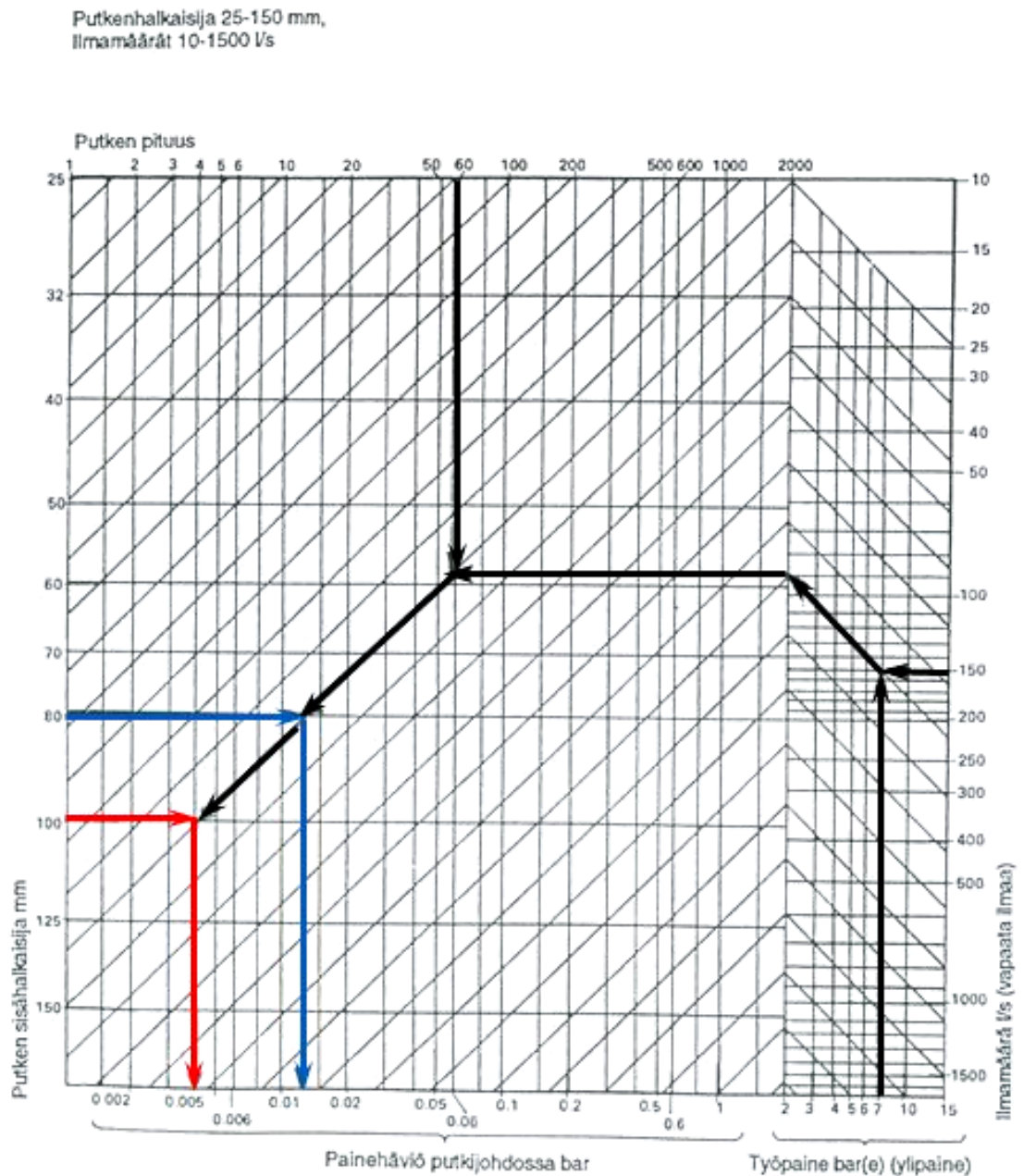


Kuva 3.9. Laitteiden valinta ISO 8573-1 laatuluokkien määrittämiin puhtausasteisiin pääsemiseksi. /23/

3.2.7 Siirtäminen

Paineilman siirtäminen tapahtuu kompressorilta putkistojen ja letkujen avulla käyttökohteisiin. Paineilmaa pyritään siirtämään mahdollisimman suurissa putkistoissa, koska painehäviöt ovat näissä tapauksissa pienempiä. Tämä väite havainnollistetaan kuvan 3.10 mitoitusnomogrammin avulla. Mikäli paineilma putkistossa on 7 baaria ja ilmamäärä 150 l/s, niin noin 60 metrin mittaisen putken sisähalkaisijan muuttuessa 80 mm:stä 100 mm:iin, pienenee painehäviö putkessa noin 0,012 baarista 0,005 baariin.

Nomogrammissa pienemmän sisähalkaisijan putkea on kuvattu sinisellä viivalla ja punaisella viivalla suuremman sisähalkaisijan putkea. /10/



Kuva 3.10. Mitoitusnomogrammi putkistolle. /10/

Mitoitusnomogrammista nähdään myös se, että putken pituutta lisättäessä painehäviöt kasvavat. Tähän huomioon perustuen voidaan väittää runkoputkikeskeisyyden ja paineilman virtaus putkistoissa on pidettävä mahdollisimman esteettömänä. Pyritään välttämään runkolinjassa turhia venttiilejä, mutkia ja muita paineilmanvirtausta heikentäviä seikkoja. Näin saadaan mahdollisimman hyvä hyöty paineilman siirtoon. /10/

3.2.8 Vuodot

Paineilmavuodot aiheuttavat vuosittain mittavia kustannuksia paperiteollisuudessa. Paineilmavuotoja ei yleensä huomioida, koska tehtaalla on varapotentiaalia käytettävissä. Paineilmavuodot eivät kuitenkaan uhkaa tehtaan toimivuutta, jos kaikki kompressorit ovat toimintakuntoisia. Varakapasiteetti kuitenkin häviää kompressorien viikaantumisien ja mahdollisten viivästyneiden varaosatoimituksien myötä. Tällöin olisi tärkeää, että kallisarvoista paineilmaa ei pääsisi vuotamaan pois paineilmalinjastosta. /9/

Paineilmavuoto on yleinen energiahukan syy. Vuodot aiheuttavat paineilman karkaimisen järjestelmästä. Tämä aiheuttaa kustannuksia ja lisäksi koko järjestelmän hyötysuhde huononee. Paineilmavuodolla tarkoitetaan tilannetta, jolloin ilmanpainetta korkeammassa paineessa oleva ilma pyrkii ulos paineilmajärjestelmässä olevasta reiästä. Paineilman vuoto loppuu vasta kun järjestelmä on paineeton. Paineilmavuodot eivät korjaannu itsestään. /9/, /14/

Laskentataulukossa (taulukko 3.6) on arvioitu esimerkin omaisesti vuotoreiän koon aiheuttamat vuotuiset kustannukset. Vuoto tapahtuu ympäristön 1,013 baarin paineeseen järjestelmän paineen ollessa aina yli 1,9 baaria (= paineilman määrittelyraja). Tässä kyseisessä taulukossa paineilman tuottamiseen on arvioitu tarvittavan n. 7 kW/m³/min ja verkko on paineistettuna vuoden ympäri. Sähkön hinnaksi on oletettu 40 €/MWh eli 0,04 €/kWh. Lämpötilana on käytetty Suomen keskilämpötilaa (imuilma), joka on noin 1,9 °C vuodesta 1971 vuoteen 2000. Paineilmaverkon oletuspaineeksi taulukossa on arvioitu 6 baaria. /24/

Taulukko 3.6. Vuodoista aiheutuvat kustannukset. Taulukon tiedot kasattu lähteestä:

/24/

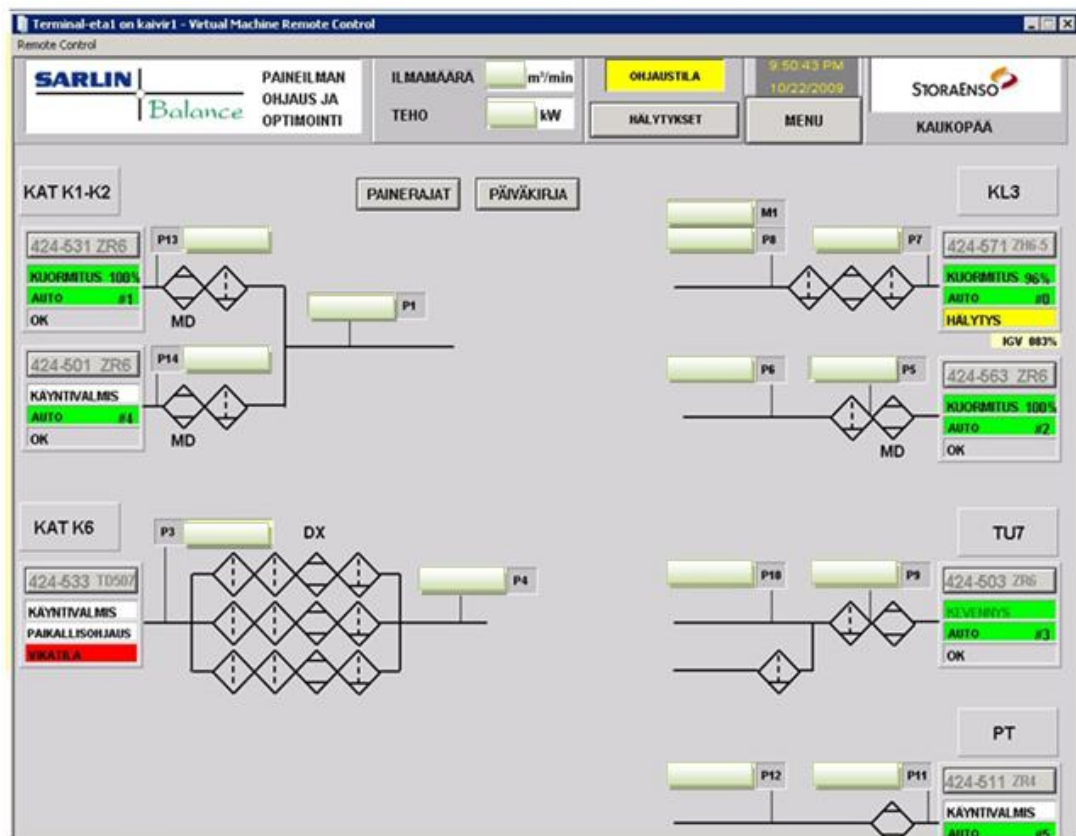
Vuotoreikä Ø mm	Paine bar	Lämpötila °C	Vuotuinen hukka kWh/a	Vuotuinen menetys €/a
1	6	1,9	3819	153
2	6	1,9	15277	611
3	6	1,9	34374	1375
5	6	1,9	95483	3819
10	6	1,9	381930	15277
20	6	1,9	1527722	61109
40	6	1,9	6110887	244435
60	6	1,9	13749495	549980
100	6	1,9	38193043	1527722

3.2.9 Ohjausjärjestelmä

Balance Hydor ohjausjärjestelmällä ohjataan Kaukopään tehtaan kompressoreita. Järjestelmä ohjaa kompressoreiden käyntijärjestystä ja käyntiä asetettujen arvojen mukaisesti, joita ovat esim. paineasetus, käyntijärjestys jne. Anturit antavat reaaliaikaista tietoa verkoston paineesta eripuolilta tehdasta. Osa antureista on asennettu runkolinjaan lähelle kompressoreita ja osa kauemmas runkolinjoihin paine-erojen selvittämiseksi. Näin pystytään ohjaamaan kompressoria paineen laskiessa. /25/

Kompressoreiden ohjausparametrien asetusarvoja pystytään säätämään tarpeen vaatiessa tietokoneen kautta. Esimerkiksi verkoston painetta voidaan nostaa seisokin aikana haluttuun suureeseen parametrien rajoissa. Lisäksi pystytään seuraamaan yksittäisten kompressoreiden käyttöä, tuottoa, energiakulutusta ja hälytystietoja. Järjestelmä pyrkii pitämään paineen halutulla tasolla kulutuksen mukaisesti. Ohjausjärjestelmän avulla pystytään suunnittelemaan huoltoajankohdat ja toteuttamaan ne hallitusti. /25/

Kaukopäässä käytettävän Sarlin Balance Hydor ohjausjärjestelmän ohjausikkunasta saadaan selville tehtaan paineilma-verkoston reaaliaikainen tilanne (kuva 3.11). Ikkunasta nähdään kompressoreiden käyntitiedot sekä niiden painearvot ja mahdolliset käyntitiedot. On mahdollista nähdä myös kuivainten kastepistetiedot. Näitä ei kuitenkaan ole nähty tarpeelliseksi, koska viikoittainen huoltokierros tarjoaa tarvittavan tiedon laadun ylläpitämiseksi. /25/



Kuva 3.11. Balance Hydor ohjausjärjestelmän ohjausikkuna ajalta 22.4. - 23.10.2009.

3.3 Energiatehokas paineilmajärjestelmä

Energiatehokas paineilmajärjestelmä koostuu optimaalisesti paineilmaa kuluttavista laitteista. On tärkeää löytää kulutukseen sopivat kompressorit, hallita niiden ohjaus ja säätö ja huomioida niiden jälkikäsitteilytaso, joka on luokiteltu (kappale 3.2.6). Energiatehokkaan järjestelmän seuranta ja ylläpito täytyy olla järjestelmällistä, säännöllistä ja jatkuvaa. Näin varmistetaan järjestelmän tehokkuuden säilyminen myös tulevaisuudessa. /13/

Motiva on kehittänyt PATE-analyysin, jota voidaan käyttää hyödyksi paineilmaverkoston energiatehokkuuden seurannassa ja ylläpidossa. Kyseisessä analyysissä otetaan huomioon energiankulutus (kWh), ilmanpaine (bar) ja ilmamäärän tuotto (m^3/min) sekä tehtaan tuotanto vuoden ajalta. Arvot mitataan ja kirjataan ylös esimerkiksi viikon tarkkuudella. Vuoden aikana minimoidaan turhat kulutukset erityisen tarkkaan ja korjataan pienimmätkin vuodot. Tämän vuoden tuotanto- ja kulutusarvoja käytetään vertailuarvoina seuraavina vuosina. PATE-analyysillä voidaan todentaa paineilmajärjestelmän energiatehokkuuden tila, johon perustuen voidaan suorittaa tarvittavat korjaustoimet. /13/

4 KARTOITUKSET KAUKOPÄÄN TEHTAALLA

Insinööritoimistossa oli tarkoituksena kartoittaa Kaukopään tehtaan paineilmavuodot ja paineilmaverkon tilavuus. Kartoitukset ovat välttämättömiä tehtaan paineilmajärjestelmän optimoinnille. Lisäksi yksittäisinä kohteina selvitettiin Kuivauskone 1:n suurpaalisitojen toimivuutta paineilman osalta sekä kartoitettiin voimalaitoksen paineilmaverkon kriittisimmät kohteet painerajaa alennettaessa.

4.1 Paineilmavuotokartoitus

Paineilmavuotojen kartoitus tehtiin, jotta saataisiin selville paineilmaverkoston häviöt. Paineilmavuotojen kartoituksen teko oli haastavaa tuotantokoneiden pyöriessä. Työturvallisuuden takia paineilmavuotojen kartoitus tehtiin jaksoittain niin, että se ei häirinyt tuotantoa ja turvallisuus säilytettiin. Tehdasseisokkien aikana tarkasteltiin myös sellaisia kohteita, joita tuotannon käydessä ei pystytty tutkimaan. Lisäksi odottamattomat huoltoseisokit antoivat mahdollisuuden paineilmavuotojen kartoitukseen tuotantokoneilla.

Vuotokartoituksen perusteella löydettiin noin 140 vuotavaa kohdetta. Löydetyistä kohteista suurin osa oli vanhojen toimilaitteiden läpivuotoja sekä vaurioituneista putkista ja letkuista johtuneita vuotoja. Runkolinjojen vuodot olivat vähälukuisempia, mutta yleisesti sitäkin suurempia. Nämä vuodot kuitenkin korjattiin välittömästi havainnon jälkeen. Lisäksi liittimet, venttiilit ja liitokset olivat löystyneet tai kuluneet ja aiheuttivat vuotoja ympäristöön. Painehäviöitä arvioitiin muodostuvan 80 - 100 m³/min (/26/), mikä tarkoittaa taulukkoon 4.1. laskettuja vuotuisia menetyksiä. Teoriassa tämä tarkoittaisi halkaisijaltaan noin 35 - 40 mm kokoista reikää putkistossa.

Taulukko 4.1. Arvioitu tehtaan vuotomäärä (80 - 100 m³/min) vuotuisina arvoina tehtaan paineilman kulutuksen rinnalla.

Vuodot m³/min	Vuotuinen paineilmahukka *10⁶ m³/a	Vuotuinen paineilman energiahukka MWh/a	Vuotuinen menetys €/a
80	41,8	4 389	219 459
100	52,2	5 486	274 324
Tehtaan ka. paineilman kulutus m³/min	Tehtaan vuotuinen paineilman kulutus *10⁶ m³/a	Tehtaan vuotuinen paineilman energiankulutus MWh/a	Tehtaan vuotuinen kulutus rahassa €/a
427	372	23424	1171363

Laskenta pohjautuu seuraaviin arvoihin (arvot paineilmaraportista, katso kappale 5):

Putkiston paine 5,9 bar

Keskimääräinen paineilma kulutus 427 m³/min

Keskimääräinen ominaisenergian tarve 6,3 kW/m³/min

Käyntitunnit 8700 h/a

Energian hinta 50 €/MWh

4.1.1 Vuotojen paikantaminen

Vuodot havaitaan yleensä korvakuulolla tai tuntoaistilla. Lisäksi apuna on Ultra Prope ultraäänitutka se on esitetty kuvassa 4.1, ja sillä pystytään kuulemaan ilmapuodot myös melun takaa. Ultra Propen käyttö vaatii kuitenkin käyttökokemusta ja ohjausta parhaan tuloksen saavuttamiseksi. Lisäksi apuna voidaan käyttää vuodonilmaisinspraytä. Tehtaalla paineilmapuotoja paikannettiin Ultra Prope -ultraäänitutkan avulla sekä näkö-, kuulo- ja tuntoaistien avulla. Vuodonilmaisinsprayn käyttö oli vähäistä, koska pienetkin vuodot löydettiin tutkan avulla.



Kuva 4.1. Ultra Propen säilytys laukun sisältö.

4.1.2 Vuotojen kirjaus ja dokumentointi

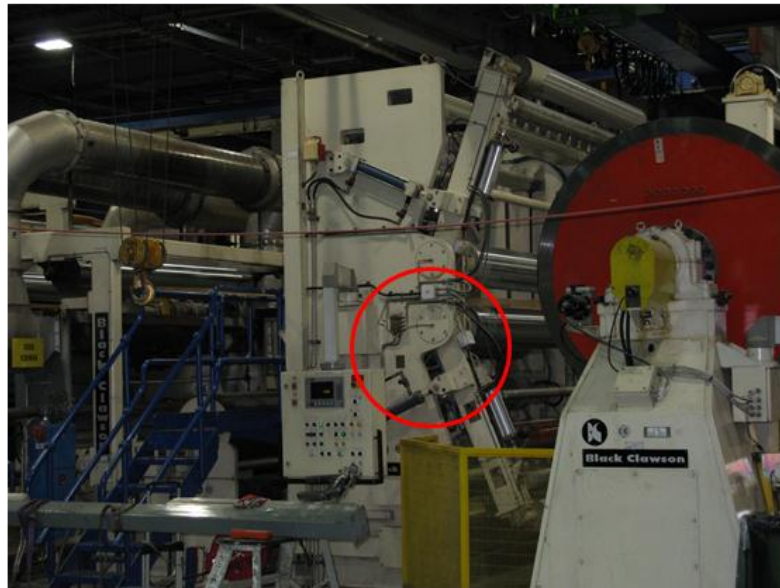
Vuotavat kohteet kirjattiin, valokuvattiin ja luetteloitiin sähköiseen muotoon. Kyseisistä paineilmaavuotokirjauksista on mahdollista tulostaa luettelo korjausmiehen käyttöön sekä tarvittaessa tutkia kirjattua aineistoa myös tulevaisuudessa. Luetteloon, jonka esimerkki on kuvattu taulukossa 4.2, katsottiin tarpeelliseksi kirjata paikka, ongelma ja korjausehdotus. Lisäksi korjausmiehen tulee kuitata suoritettu työ tehdyksi. Esimerkiksi henkilö VK on kuitannut liittimien ja muiden osien vaihtotyön jälkeen vuodot korjatuiksi merkitsemällä sarakkeeseen ”päivämäärä ja korjaajan kuittaus” suorituksen päivämäärän ja nimensä (taulukko 4.2, sininen ympyrä).

Taulukko 4.2. Paineilmavuotokirjaukset

Kiinteistö/ tuotantolaitos	Tarkempi kohdetieto	Havaittu vuoto/puute	Valokuvan numero	Korjaus- ehdotus	Päivämäärä ja korjaajan kuittaus
PT	AL4 Pneumatiikka kaappi AL4-JKS1	Paineen alentaja vuotaa säädön juuresta	1	Vaihdetaan paineenalentaja	
PT	AL4	Pneumatiikka sylinteri vuotaa, työntövarrenjuuresta	2	Vaihdetaan pneumatiikka sylinteri	
PT	Hylsyleikkuri	Hylsyjenleikkaus paineilmaletku vuoto, letkupuhki	3	Vaihdetaan paineilmaletku ehjään	10.06. 2010 VK
PT	PE3, Pakkaamo, Pneumatiikka kaappi PK-2350-01 (2)	Toimilaite irronnut kiinnityspaikastaan	4	Kiinnitetään takaisin paikoilleen	
PT	PE3, pituusleikkuri	Ilmavuotoja neljä kappaletta. Kumiletku puhki, liitin murtunut, kaksi kulmaliittintä vuotaa, liitin vuotaa.	5	Vaihdetaan tarvittavat osat ehjiin	10.06. 2010 VK
PT	PE3, Vetaphone corona	Paineen alentaja vuotaa säädön juuresta	6	Vaihdetaan ehjään	
PT	PE5, aukirullaus	Kumiletku vuotaa	7	Vaihdetaan uuteen	10.06. 2010 VK
PT	PE5, Black Clawson	Paineilmaventtiilin toimilaitteet vuotaa kannen välistä (PÄT-TV213), (PÄT-TV212), (PÄT-TV211), (PÄT-TV210)	8	Korjataan vuotokohdat (vaihdetaan toimilaitteet)	
PT	PE5, (lähellä konepaikkaa 635-548)	Paineilma pistoolin korkki vuotaa	9	Tiivistetään korkki	10.06. 2010 VK
PT	PE5, pituusleikkuri	Paineilmakelan kumiletkuvuotaa	10	Vaihdetaan kumiletku ehjään, tarkastetaan samalla liittimet	10.06. 2010 VK

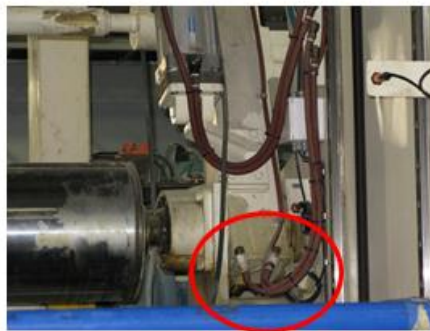
Sarakkeeseen ”valokuvan numero” liitetään kuvat vuotokohteesta ja sijainnista pdf-muodossa. Mikäli vuotokohdat ovat epäselviä, on korjausmiehen helppo tarkistaa ne tulostettavista kuvista, jotka aukeavat numeroiduista linkeistä. Esimerkiksi taulukon 4.2 punaisella ympyröity numero 7 pitää sisällään pdf-kalvot 4.2 ja 4.3. Kuvassa 4.2 on esitetty punaisella ympyrällä vuotokohdan sijainti PE5:n aukirullauksessa. Kuvan 4.3 kalvo tarkoittaa vuotokohdan lisäkuvien, ympyröintien ja tekstin avulla. Mikäli vuoto voitiin korjata esimerkiksi komponentteja vaihtamalla, kirjattiin tarvittavat komponentit ylös ja lisättiin tietoihin.

PE5 aukirullaus



Kuva 4.2. Paikannuskuva, PE5 aukirullaus, valokuvan numero 7.

PE5 aukirullaus



- Kumiletku vuotaa

Kuva 4.3. Paikannuskuva ja ongelman selitys, valokuvan numero 7.

4.1.3 Vuotojen korjaus

Vuotokohdat olivat tiedossa jo ennen korjauksen aloittamista, mikä mahdollisti komponenttien hankkimisen valmiiksi. Paineilmaverkoston korjaukset ajoitettiin lähinnä seisokkeihin ja mahdollisiin muihin tuotannon hetkellisiin pysähdyksiin. Paineilmaverkostoa voitiin korjata myös muina aikoina niiltä osin, jotka eivät ole yhteydessä tuotantoon tai paineilmalinjaan, joka taas voitiin sulkea turvallisesti venttiileillä huollon ajaksi.

4.2 Paineilmaverkoston tilavuuden laskeminen

Paineilmaverkoston tilavuuden mittaaminen antaa käsityksen tehtaan säiliökapasiteetista. Paineilmaverkoston tilavuutta ei ollut aikaisemmin mitattu. Arvioidut putkistojen pituudet ja koot perustuvat paineilmalinjaston piirustukseen. Lisäksi arviointiin kuuluvat korkeussuunnassa kertyvät matkat, jotka on arvioitu tehtaan henkilöstön kanssa. Myös putkistomuutokset ja uusinnat on otettu huomioon.

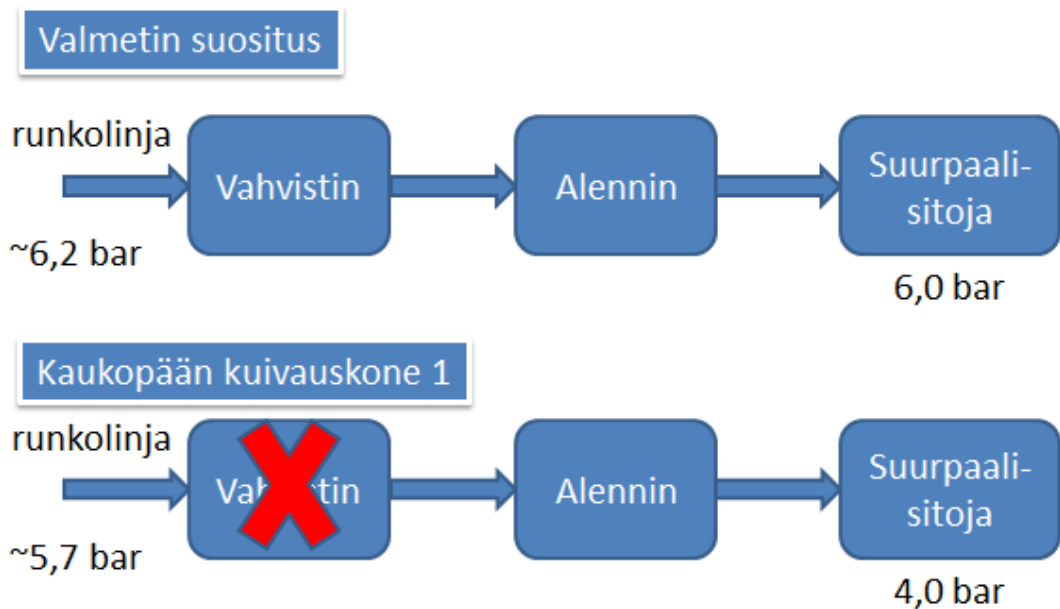
Tulokset paineilmalinjaston tilavuudesta kirjattiin ylös ja siihen lisättiin käytössä olevien painesäiliöiden tilavuudet. Kyseiset lukemat löytyvät liitteeltä 1. Liitteen 1 ”Putken tilavuus” -sarakkeen arvojen laskemiseksi on käytetty liitteeltä 2 löytyviä DIN 2448 mukaisia ”ISO”-teräsputken tilavuuskertoimia (dm^3/m) normaaliseinämän paksuudella. Esimerkiksi putken nimelliskoon ollessa 50 mm, tilavuuskerroin on 2,331. Kerrottaessa putken arvioitu pituus tilavuuskertoimella saadaan putken tilavuusarvo.

Kaukopään tehtaan paineilmaverkoston kokonaistilavuudeksi arvioitiin 198 m^3 , mikä käytännössä tarkoittaa 198 m^3 ilmavarastoa äkillisiä paineilmavajauksia varten, kuten vuodot, kompressoririkot, ynnä muut sellaiset. Käytöstä poistetut paineilmasäiliöt on poistettava myös tietokannasta, jotta epäselvyyksiltä vältytään jatkossa.

4.3 Kuivauskone 1:n optimointi paineilmaverkkoon

Pakkaamossa olevien Valmet Fibertech AB valmistamien Robotyer™ BME-1006 suurpaalisitojen toiminnasta johtuen selvitettiin paineilman vaikutus sitojen toimintahäiriöihin. Valvomon henkilökunnan mukaan runkolinjan paineheittelyiden aikana sitojassa ilmenee toiminnallisia häiriöitä. Alhaista painetasoa pidetään myös osasyynä.

Suurpaalisitojan toivottu käyttöpaine on 6 baaria. Valmetin valmistamassa suurpaalisitojassa kuuluisi olla paineenvahvistin tulevassa paineilmalinjassa, kuten kuvassa 4.4 on esitetty. Paineenvahvistin nostaa painetta, mutta ei paranna tuottoa. Jos verkoston paine on ollut joskus korkeampi kuin 6 baaria, ahdistaa kohotin virtausta. Tämän vuoksi paineenvahvistin on jätetty pois KU1:n suurpaalisitojasta. Nykyään paine Kaukopään tehtaalla on alhaisempi kuin vaadittu 6 baaria. Sitojen käyttämä todellinen paine sidonnassa on siis 4 baaria, joten paineenvahvistinta ei tarvita tässäkään tilanteessa. Puhelinkeskustelussa Metson asiantuntijan kanssa (18.6.2008) todettiin paineen olevan oikea. Asiantuntijan mukaan 4 baarin paine on riittävä KU1:n toiminnalliseksi käyttöpaineeksi.



Kuva 4.4. Valmetin suositusten mukaisen /27/ ja KU1 suurpaalisitojen lohkokaaviovertailu.

Kun korotin poistetaan tulevasta linjasta heikentämästä virtausta, saadaan parempi hyötysuhde suoraan sitoijalle. Kun paineilma alennetaan verkoston paineesta alempaan paineeseen lähellä sitoijia, saadaan varakapasiteettia ennen alentajaa.

Keskusteltaessa käyttöhenkilöiden kanssa kävi ilmi toimintahäiriön ilmestyneen uuden, sitomiseen käytettävän langan laadun myötä. Lisäksi selvisi, että sidonnassa käytetyt kuljetin leuat olivat asennettu väärin, mikä esti langan kiristymisen sidonnassa. Nämä olivat pääsyinä sitoijien huonoon toimivuuteen, ei suinkaan ennalta epäillyt runkolinjan paineheittelyt tai alhainen verkoston paine. Jos kuitenkin paineheittelyt edelleen epäilyttävät, alentimen läheisyyteen olisi hyvä asentaa paineilmamittari, josta käy ilmi mahdolliset muutokset paineilmaverkostossa.

Mikäli paineheittelyt ja tai alhainen paine olisivat olleet ongelmana, ratkaisu olisi ollut huomattavasti kalliimpi. Pakkaamon paineilma olisi voitu erottaa kokonaan runkolinjasta ja luoda sille kokonaan oma paineilmajärjestelmä. Pakkaamon oma paineilmajärjestelmä olisi poistanut paineilmaheittelyt suurpaalisitoijalta. Järjestelmään olisi tullut oma kompressor ja paineilma säiliö. Suodatus ja ilmankuivatus olisi tehty omilla, siihen käyttötarkoituksiin tehdyillä veden- ja öljyn erottimilla. Runkolinjasta tuleva linja olisi säilytetty, mutta siihen olisi asennettu sulkuventtiili, joka runkolinjalta tuleva paineilma olisi voitu sulkea. Vanha linja olisi jäänyt turvaamaan uutta paineilmajärjestelmää huoltojen ajaksi.

4.4 Voimalaitoksen paineilmaverkon kriittiset kohteet

Tämän insinööriyön yhteydessä katsottiin myös tärkeäksi kartoittaa voimalaitoksen paineverkoston kriittiset kohteet painetta alennettaessa. Voimalaitoksen hälytysraja on 5,2 baaria. Erääksi kriittisimmistä paikoista painerajaa laskettaessa todettiin tuhkanlähetys. Se vaatii toimiakseen 5,5 baarin paineen ja kaikilta laatuvaatimuksiltaan erittäin hyvän paineilman käytön. Tuhka voi öljypitoisen ja tai liian koston ilman ansiosta kertyä putken seinämille ja tukkia putkiston ongelmia aiheuttaen. Tukkeutunut putkisto voi aiheuttaa jopa kattilan alasajon. Hetkellinen paineen nosto on mahdollista kyseisten toimintojen ajaksi.

Oman ongelmansa voi myös aiheuttaa kaasupoltin, joka tarvitsee 4,8 baarin paineen paineilmaa venttiilien sulkuun ja aukaisuun. Lisäksi voimalaitoksen valvomon työntekijät uskovat paineen alentajan aiheuttavan ongelmia SO6 Primeri -ilmapelleissä.

5 PAINEILMAN PAINEEN LASKEMINEN KAUKOPÄÄN IMATRAN TEHTAALLA

Paineen alentaminen alkoi laitteiden ja koneiden tutkimisella sekä valvomoiden ja käyttöhenkilökunnan haastatteluilla. Mahdolliset riskit pyrittiin minimoimaan tuotannon turvaamiseksi. Lähtökohtana oli laskea painetta turvallisesti. Painetta alennettiin 0,1 baarin jaksoin. Painetason laskut jaksoittain näkyvät liitteen 3/3 kalvolla ”Paineet 24 h”. Paineen laskun jälkeen yksi jakso kesti ajallisesti noin viikon. Ajanjakson seuranta vaikeuttivat kompressoreiden huollot sekä kulutuksen laskut ja nousut.

Paineen alentamisen tiedettiin myös aiheuttavan toiminnallisia häiriöitä laitteissa, joissa huolto on ollut heikkoa. Tämän takia paineilman laskua tarkkaillaan säännöllisin ajanjaksoin. Erilaiset epäpuhtaudet ja kulumiset voivat aiheuttaa laitteen vikaantumisen paineen alentuessa, mutta toimintahäiriö saattaa ilmetä vasta päivien jälkeen. Viikojen ilmetessä on välittömästi käytävä tarkistamassa kyseisten laitteiden toimivuus, tilattava tarvittava huolto sekä kirjattava laitevika. Prosessi ei saa vaarantua paineen alennuksen aikana millään tavoin. Kriittisimmät laitteet tulee tarkistaa ja huoltaa tarvittaessa.

Hälytysrajat korvattiin uusilla. Tämä mahdollistaa riskikohdiksi todettujen käyttökohteiden tarkastelun niin, että toiminta säilyy. Toiminta varmuuteen on jätetty kuitenkin vähintään 0,3 baarin vara. Valtuudet hallittuun ja suunniteltuun paineen alentamiseen Kaukopään tehtaan alueella saatiin kunnossapitopäälliköltä Ari Kososelta sekä paineilmaista vastaavilta LVI -mestareilta Hannu Inkiseltä ja Jani Pietiseltä.

Tavoiteltu turvallinen paineilmaverkoston paineraja on asetettu 5,5 baariin. Paineilmaverkoston painetta laskettiin 5,92 baarista 5,6 - 5,7 baariin Balance ohjauksen avulla. Rajoiksi asetettiin 5,6 - 5,7 baaria ja hälytyksen alarajaksi 5,4 sekä ylärajaksi 5,8 baaria. Hälytyksen alarajan laittaminen alle tavoitellun painetason syynä olivat tarpeettomat hälytykset ohjausjärjestelmään, joita syntyi paineheittelyistä KA-tehtaan ZR6-kompressorin huollon seurauksena. Käynnissä oleva KA-tehtaan toinen ZR6-kompressor ei pystynyt pitämään painetasoa tarpeeksi korkealla kulutuspiikkien kohdalla. Painetta mittaava anturi antoi tietoa kartonkitehtaan kompressoreiden luona, joka johtui paineilmatuoton alikapasiteetista. Painetaso heitteli alimmillaan 5,47 baarissa.

Paineilman laskeminen ei aiheuttanut minkäänlaisia ongelmia tehtaan tuotannossa. Painetasoa sekä mahdollisia häiriöitä tarkkailtiin. Painetasoa alennettiin uudelleen Balance-ohjauksella. Rajoiksi tällä kertaa laitettiin 5,5 - 5,6 baaria ja alahälytysrajaksi 5,4 baaria sekä ylähälytysrajaksi 5,7 baaria. KA-tehtaan ZR6-kompressorin huolto oli valmis, joka vähensi paineheittelyitä.

Alahälytysrajaa jouduttiin kuitenkin laskemaan uudelleen 5,2 baariin. Alentaminen johtui turhista hälytyksistä ohjausjärjestelmässä. Hälytyksiä ei tämän jälkeen ilmennyt. Hälytysrajan alentaminen ei kuitenkaan vaikuttanut millään tavalla paineilmaverkon paineeseen.

Antureiden sijoittelulla on suuri vaikutus paineilmaverkon todelliseen paineeseen. Paineilmaverkon tasainen paine mitattiin eripuolilta tehdasta, joka oli 5,4 baaria ohjausjärjestelmän asetuksella 5,5 baaria. Hetkelliset paineheittelyt sekä huonosti kalibroijujen tai sijoittelultaan huonossa paikassa olevat anturit vääristävät paineilmaverkon painetta. Tavoitepaineraja saavutettiin hyvän ennakkovalmistelun sekä käyttöhenkilökunnan yhteistyön ansiosta.

Paineilmaraportti tehtyjen painemuutosten ajalta löytyy liitteestä 3. Painetason 0,4 baarin pudotuksella oli merkittävä vaikutus talouteen, kuten taulukosta 5.1 käy ilmi. Energiansäästö vuodessa oli jopa 1800 MWh, joka tarkoittaa 90 000 euron vuotuista säästöä Kaukopään tehtaalla.

Taulukko 5.1. Esimerkki laskentataulukosta paineilman energiasäästöjen laskemiseksi. Kaukopään paineilmaraportti ajalta 22.4. - 23.10.2009.

Painetason pudotuksen vaikutus energiatalouteen SARLIN

Lähtöarvot				
Paineen pudotus	5,9	5,5	0,4 bar	
Kompressorin hyötysuhdemuutos			0,30	kW/m ³ /min/bar
Keskimääräinen paineilman kulutus			427	m ³ /min
Keskimääräinen ominaisenergian tarve			6,3	kW/m ³ /min
Käyntitunnit			8 700	h/a
Energian hinta			50	€/MWh
Paineen pudotuksen vaikutus kompressoritehoon				
Ottotehon alenema			51	kW
Energiansäästö vuodessa			445	MWh/a
Rahallinen säästö			22 263	€/a
Ilmankulutuksen vähenemisestä saavutettava energiansäästö				
Ilmankulutus vähenee paineiden absoluuttisessa suhteessa			5,8	%
Ilmankulutuksen vähentyminen			24,7	m ³ /min
Energiansäästö vuodessa			1 355	MWh/a
Rahallinen säästö			67 758	€/a
<u>Energiansäästö vuodessa</u>			1 800	MWh
			90 021	€/a

6 TUTKIMUS KOMPRESSORIEN KEHITTÄMISTARPEESTA

Kompressorit tuottavat koko tehtaan paineilmaverkostoon asetetun arvon mukaisesti ilmanpaineen, joka on Kaukopään tehtaalla noin 5,5 - 6 baaria. Kuten kappaleissa 3.1.1 ja 3.1.2 esitetään, tehtaalla on viisi ruuvikompressoria ja kaksi turbokompressoria, jotka tuottavat ilmaa paineilmaverkostoon. Kyseisille laitteille tarvittaisiin rinnalle uusi säädettävä kompressorit tasaamaan paineheittelyiden huiput. Tällä tavalla vanhat, isot ruuvikompressorit voisivat toimia pohjakoneina optimiarvoilla eli 100 % kuormalla. Säädettäviä kompressoreita tarvittaisiin ainakin kaksi, jolloin jäisi myös mahdollisesti varakapasiteettia kompressorien osalta.

Tehtaan tämän hetkisten kompressoreiden sijoittelussa on arvioitu mahdollisia suurimpia kulutuskohhteita ja asennettu kompressorit mahdollisimman lähelle niitä. Lisäksi on otettu huomioon sähkönsaanti ja paineilmaverkoston suurimmat runkolinjat, joilla saadaan virtaavuus mahdollisimman pieneksi. Kompressorien sijoittelun suhteen ei löydetty kehitettävää.

7 PARANNUSEHDOTUKSIA

Seuraavaksi esitetään parannusehdotuksia, jotka ovat havaittu kartoitusten, energiataloudellisen paineen laskun ja muun tutkimuksen yhteydessä. Paineilmasäiliön toimintaa ei ole kartoitettu, eikä tutkittu, mutta sellaisen hankinta ja sijoitus on lisätty parannusehdotuksiin hyvin selkeiden hyötyjen vuoksi.

7.1 Vuotokartoitus vuosittain

Tehtaan alueella tulisi tehdä vuotokartoitus vähintään kerran vuodessa esimerkiksi Motivan PATE-analyysin tavoin (kappale 3.3). Ensimmäisinä vuosina kartoitus tulisi kuitenkin tehdä vähintään kaksi kertaa vuodessa. Tällä pyritään saamaan heti selville suurin osa järjestelmässä olevista vuodoista. Näin vuodot saataisiin heti korjattavaksi. Tähän tehtävään kannattaa tehtaalle määrätä oma vastuhenkilö, joka ohjaa toimintaa ja kirjata vuodot ylös esimerkiksi kappaleen 4.1.2 mukaisen sähköisen luetteloinnin tavoin.

Vuotokartoituksen päämääränä on etsiä vuotoja paineilmaverkostosta. Tällä toimenpiteellä pystyttäisiin korjaamaan vuotoja ja säästettäisiin huomattavasti energiakustannuksissa. Vuotojen etsiminen tapahtuisi kahdenhengen ryhmissä. Vuotojen havainnot pystytään tekemään nopeammin kahdestaan ja lisäksi tarvittavien komponenttien kirjaus muistiin olisi tehokkaampaa. Lisäksi vuotokohdan selvittäminen ja kuvaaminen on nopeampaa. Pareittain työskentely antaa paremmat mahdollisuudet paineilmajärjestelmän perusteellisempaan kartoittamiseen. Osien tunnistaminen vaatii tietämystä. Tämä säästää aikaa myös jatkossa, jos oikeanlaiset osat on kirjattu muistiin.

7.2 Paineason lasku

Paineilmaverkon painetaso tulisi laskea 5,5 baariin, joka on optimoitu painetaso. Paineason kuuluisi olla tasainen, paineheittelyitä ei pitäisi sallia. Tämä mahdollistaisi mahdollisimman paljon energiaa säästävän kompressorin tuoton. Paineason alentaminen ei aiheuta ongelmia toimivissa laitteistoissa. Paineaso on tarpeeksi korkea tuotannon turvaamiseksi. Yksittäisiin kohteisiin, joissa on pieni paineilman kulutus, kannattaa harkita paineenkorotinta. Tällöin muu verkostopaine voidaan pitää halutulla tasolla.

7.3 Kompressorin hankinta

Tehtaalle pitäisi hankkia uusi kompressor, joka turvaisi tuotannon Kaukopään tehtaalla. Kompressorin pitäisi olla ohjautuvainen kulutuksen mukaan, jotta se pystyisi säätämään tuottoa reaaliajassa. Tällöin paineheittelyt tasoittuisivat. Uusi kompressor toisi luotettavuutta paineilmaverkon tuottoon sekä parantaisi laatua ja varmuutta. Tärkeä huomio kompressorin hankintaa suunniteltaessa on sen mitoittaminen tehtaaseen paineilmaverkoston tarpeisiin.

Kompressor kannattaa hankkia samalta valmistajalta kuin muutkin tehtaaseen kompressorit, jotta huollot sujuvat hyvin ja huoltosopimuksia ei tarvitse tehdä monen eri yrityksen kanssa. Kompressorityyppi ZH 7000-6-7E, samalta valmistajalta kuin muutkin Kaukopään tehtaaseen kompressorit, näyttäisi sopivan tehtaaseen käyttötarkoituksiin parhaiten. Kompressorin tarjous ja tekniset tiedot löytyvät liitteestä 4.

Yhden säädettävän kompressorin hankinta ei kuitenkaan poista kaikkia ongelmia tehtaaseen laajassa verkostossa, vaan uusia koneita pitäisi olla kaksi vanhojen pohjakoneiden lisäksi. Tällöin voitaisiin käyttää uusia ja vanhoja kompressoreita mahdollisimman tehokkaasti ja energiataloudellisesti hyödyksi ilmantuotossa Kaukopään tehtaalla. Hankittavan kompressorin tuoton määrän ei kannata olla enempää kuin 100 - 120 m³, koska yksittäiset isot koneet eivät pysty tuottamaan ilmaa tasaisesti koko verkon alueelle. Seurauksena on ei-toivottua paineheittelyiden kasvua tehtaalla. Parhaan tuloksen takaa kompressoreiden sijoittelu järkevästi tehtaaseen verkon suurimpien kulutuskohdeiden ja herkimpien laitosten läheisyyteen.

7.3.1 Sijoitus

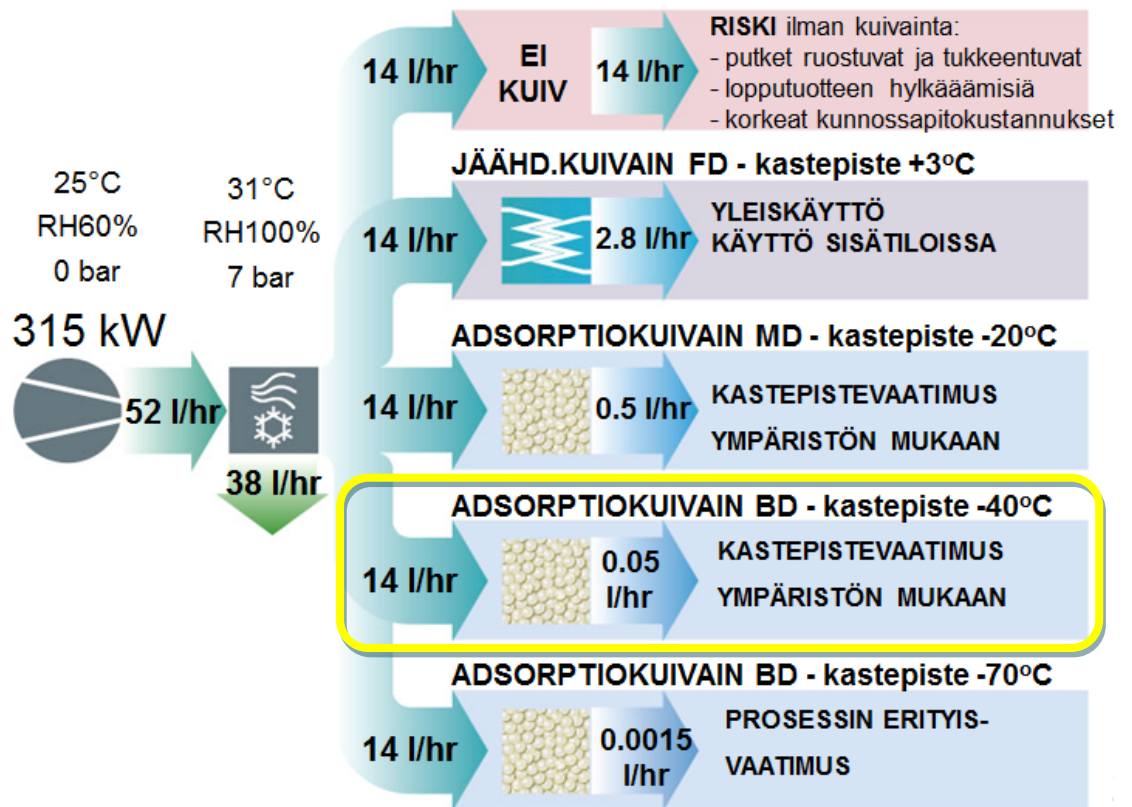
Kompressor tulisi sijoittaa mahdollisimman lähelle suurinta kulutuskohdetta tai laitosta, joka on herkin paineheittelyille. Sijoittelussa tulisi välttää turhia mutkia ja liitoksia putkistossa. Oleellista on myös käyttää tarpeeksi suuria putkikokoja painehäviöiden pienentämiseksi ja tarvittavan suuren virtaavuuden takaamiseksi. Tällä pystytään tasoittamaan paineheittelyitä sekä pystytään reagoimaan nopeimmin paineilman kulutukseen. Lisäksi putkistojen pituudesta aiheutuvat painehäviöt minimoitaisiin kappaleen 3.2.7 huomion mukaisesti.

Paineilman suurimpia kuluttajia tehtaalla on mahdotonta mitata, koska paineilmaverkko on yhdistelmä renkaasta ja suorasta putkistosta. Tämä saattaa mahdollistaa ilmavirran liikkeen molempiin suuntiin. Tästä syystä paineilman suurin kulutuskohde pitää arvioida.

Uuden kompressorin mahdolliseksi sijoituspaikaksi on katsottu voimalaitoksen TU7 alakerta vanhan ZR6-kompressorin läheisyyteen, koska kohde on liian kaukana muista tehtaan paineilman tuottajista ilman tasaavaa säiliötä. ZR6-kompressorin ollessa pysäytettynä, viive paineheittelyiden tasaamiselle on liian pitkä, jolloin voidaan puhua toiminnassa olevien kompressoreiden tuoton ylittämisestä. Mikäli kompressoreita hankittaisiin kaksi kappaletta, toinen niistä voitaisiin asentaa KA4:n läheisyyteen, kompressorille soveltuvaan paikkaan (kappale 3).

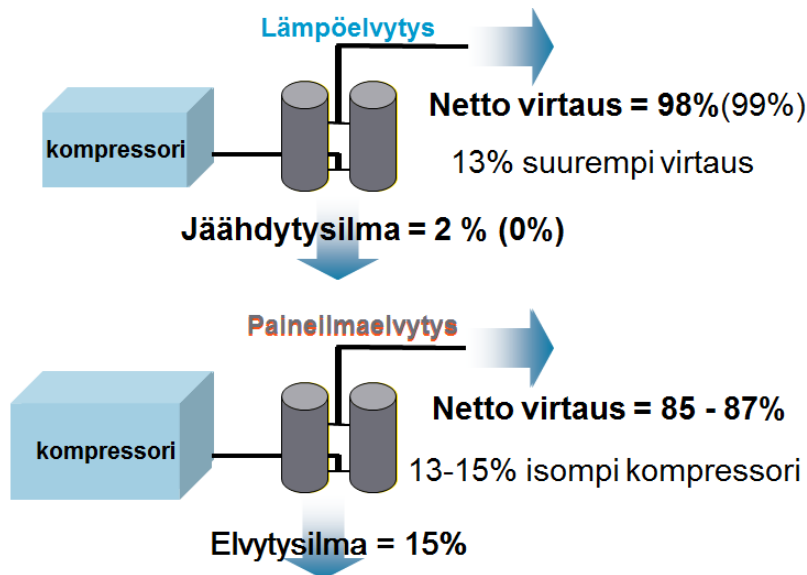
7.3.2 Adsorptiokuivain

Uuden kompressorin yhteyteen tulisi hankkia adsorptiokuivain, jolla saadaan tarvittavan kuivaa ilmaa paineilmaverkostoon. Sen tulisi olla tarpeeksi suuri kuivauskapasiteetiltaan kompressorin tuottoon nähden. Adsorptiokuivain BD 1800 CE-PDC olisi hyvä vaihtoehto kyseiseen käyttöön. Kuvassa 7.1 nähdään BD-tyyppisen adsorptiokuivaimen asettuminen kyseisen valmistajan paineilmakuivaintyyppien kastepistevertailussa. Adsorptiokuivain BD 1800 CE-PDC vastaa kuvan keltaisella ympyröityä BD-tyyppiä. Tämän tason kuivain täyttää tehtaan laatuluokkavaatimukset ja sen tekniset tiedot löytyvät liitteellä 4 olevasta tarjouksesta.



Kuva 7.1. Atlas Copcon kompressorin kuivaintyyppit ja niillä saavutettavat kastepisteet. /21/

Absordiokuivainta valittaessa kannattaa huomioida malli, jossa lämpöelvytykseen ei käytetä paineilmaa. Paineilman kalleuden ja mahdollisten paineilmahäviöiden takia tämä on hyvä tehdä muilla menetelmillä. Lisäksi nettovirtaus on suurempi kuten kuvassa 7.2 on kuvattu.



Kuva 7.2 Esimerkki prosentuaalisista tarpeista paine- ja lämpöelvytyksessä. /21/

7.4 Painesäiliön hankinta

Painesäiliö paineilmajärjestelmässä toimii paineilmavarastona, kulutushuippujen tasajana, painevaihteluiden vaimentimena, ilman jäähdyttäjänä ja vedenerottimena /10/. Paineilmajärjestelmä voidaan toki toteuttaa ilmankin säiliötä, mutta sen kyky toimia paineilmajärjestelmän ”sakkakupina” on ilmiömäinen. Sakkakupilla tarkoitetaan sekä pienten että suurien epäpuhtauksien kerääjää. Painesäiliön hankintaa ei koskaan voida sanoa perusteettomaksi tai hyödyttömäksi.

Säiliö tulisi sijoittaa lähelle voimalaitosta, koska voimalaitos on herkin nopeille paineheittelyille. Painesäiliö tulisi olla tassuille rakennettu, paineilma käyttöön tarkoitettu vaakasäiliö. Painesäiliön tulisi mitoittaa käyttökohteeseen sopivaksi niin rakenteellisesti kuin mitoiltaankin. Mustasta raudasta tehty säiliö maalattuna kävisi kohteeseen hyvin, koska kuivattu paineilma ei aiheuta korroosiota säiliöön, kuten kappaleessa 3.2.5 on selvennetty.

Painesäiliön tehtävä on varastoida ilmaa. Painesäiliö tasaa kulutuspiikeistä aiheutunutta ilmamäärän vajetta, joka taas vähentää paineheittelyitä. Lisäksi säiliö kerää putkilinjoja pitkin kulkeutuvaa irtoainesta säiliön pohjalle, josta se voidaan poistaa. Painesäiliön tulisi olla vähintään 30 m³.

Säiliö tulisi sijoittaa lähelle voimalaitosta, koska voimalaitos on herkin nopeille paineittelyille. Painesäiliö tulisi olla tassuille rakennettu, paineilma käyttöön tarkoitettu vaakasäiliö. Se tulisi mitoittaa käyttökohteeseen sopivaksi, niin rakenteellisesti, kuin mitoiltaankin. Ruostumattomasta raudasta tehty säiliö säilyttää ominaisuutensa pitkään ja toimii huoltovapaasti myös tulevaisuuden tarpeita ajatellen. Säiliö on hinnaltaan huokeampi, mutta välttämätön varastoidun paineilman määrän takaamiseksi pitkälle aikavälille /26/.

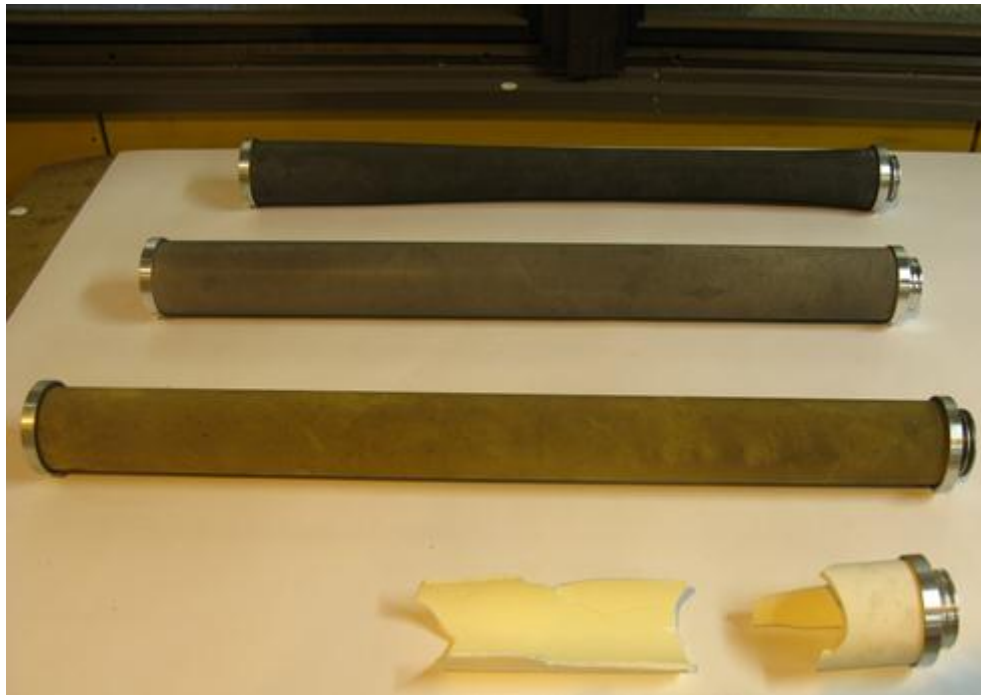
Teoriassa riittävän kuivattu paineilma ympäristön kosteuteen nähden ei aiheuta korroosiota säiliöön, kuten kappaleessa 3.2.5 on esitetty. Kuitenkin käytännössä on huomattu mustasta raudasta valmistettujen säiliöiden ruostuvan kuluneen tai vaurioituneen pinnan kohdalta. Tätä myötä paineilmaverkostoon kulkeutuu ruostepölyä, mikä vaikuttaa paineilman laatuun, tukkivat suodattimet, kuluttaa toimilaitteistoa ja aiheuttaa ylipäättään valtavaa tuhoa koko paineilmajärjestelmässä. Ns. mustan säiliön hankinta tulee siis ajan saatossa kalliimmaksi sijoitukseksi kuin ruostumattomasta teräksestä valmistettu säiliö.

8 SUORITETUT INVESTOINNIT IMATRAN KAUKOPÄÄN TEHTAALLA

Työn aikana Imatran Kaukopään tehtaalla tehtiin investoinnit liittyen uusiin suodatinmalleihin ja vanhan kompressorin ”Pikku-turbon” uudistamiseen ja kunnostamiseen. Investointipäätökset pohjautuivat kokeelliseen ja huoltohistoriasta tehtyyn tutkimukseen.

8.1 Suodatinmallien muuttaminen

Kompressoreiden jälki- ja esisuodattimille pyrittiin löytämään erilaisia malleja, jotka eivät aiheuttaisi niin paljon painehäviöitä, soveltuisivat käyttökohteisiin vaurioitumatta käytön aikana ja olisivat hinnaltaan huokeampia käytössä oleviin malleihin verrattuna. Kuvassa 8.1 on esimerkki suodattimista, jotka eivät toimi toivotulla tavalla. Ongelmina olivat muun muassa runkojen heikko rakenne kuvan ylin ja alin suodatin, pinnoitteiden irtoaminen suodattimista toiseksi alin suodatin ja liian pieni ominaispinta-ala kaksi ylimmäistä suodatinta.



Kuva 8.1. Suodatinmalleja.

Painehäviötä pienennettiin onnistuneesti suodattimien mallia muuttamalla sekä suodatus tehoa parantamalla. Testauksien yhteydessä löydettiin suodatinmalleja, joiden laatuvaatimukset ja suodatuskyvyt olivat vähintään yhtä hyvät vanhoihin malleihin verrattuna. Kyseiset uudet suodatinmallit olivat pinta-alaltaan suurempia, mutta myös

edullisempia. Lisäksi ne soveltuvat suurimpaan osaan vanhoista suodatinmaljoista. Kohteisiin, joihin jouduttiin vaihtamaan suodatinmaljat, valittiin maljat yhteensopiviksi uusien suodatinmallien kanssa. Lisäksi uusien maljojen asennukset vaativat vain vähäisiä putkimuutoksi.

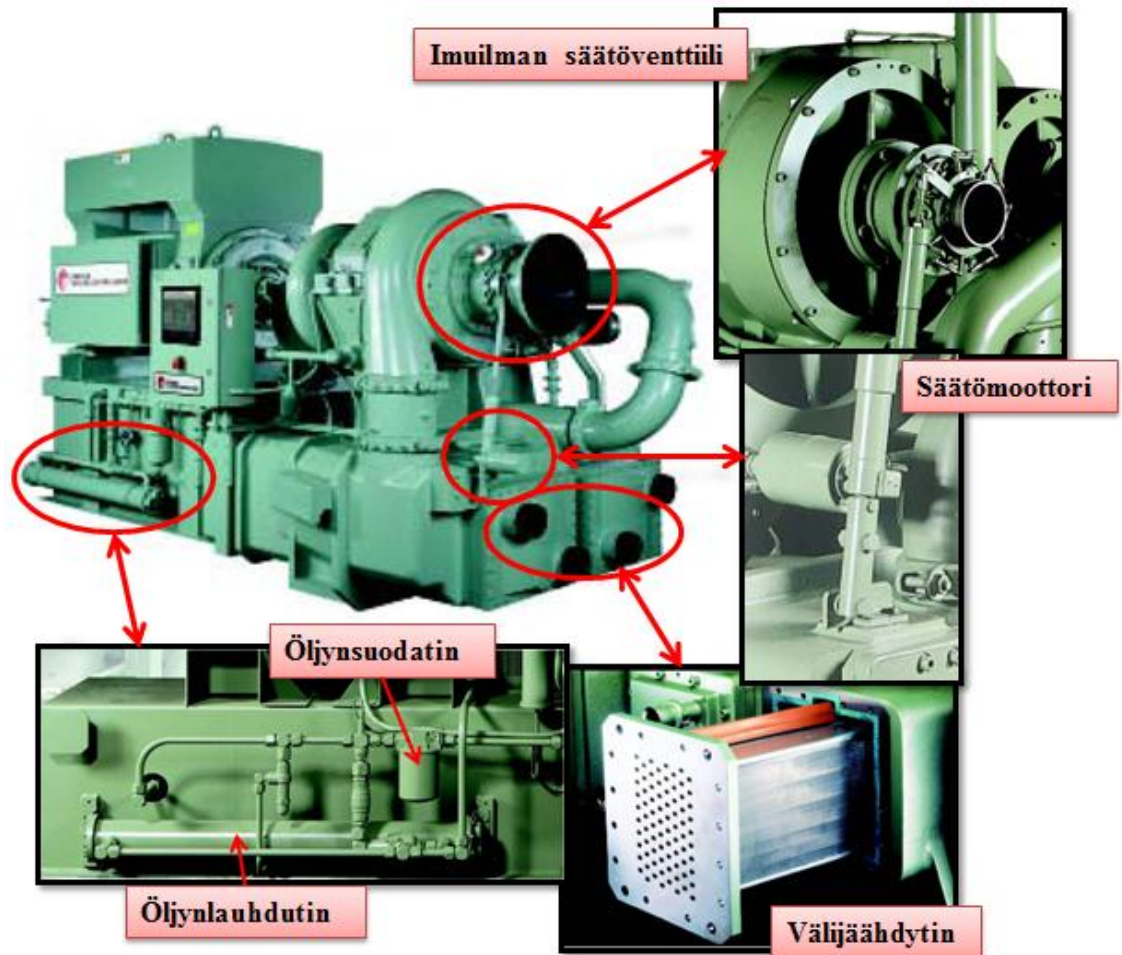
Suodattimien testauksella käyttökohteissa saavutettiin odotettua paremmat tulokset. Uusien suodattimien myötä painehäviö pieneni ja suodattimien vaihtoväli piteni. Nämä muutokset vaikuttivat kompressorin tuottaman ilman hyötysuhteen paranemiseen.

8.2 Kompressorin uudistaminen ja kunnostaminen

Insinööriyön aikana tehtaalla jouduttiin tilanteeseen, jossa paineilmakapasiteetti oli riittämätön tuotannon tarpeisiin. Kaikilla toiminnassa olevilla kompressoreilla ilmeni useita päällekkäisiä vikaantumisia ja jouduttiin turvautumaan vuokrakoneisiin. Kuitenkaan uuden kompressorin investointiin ei oltu valmiita. Tämä johti Kartonkikone 4:lla sijaitsevan, mutta pysäytetyn TD 507 turbokompressorin, ns. ”Pikku-turbon”, elvyttämiseen.

Huonosti sijoitellun Pikku-turbon kunnostus aloitettiin historian selauksella ja mahdollisten pysäyttämiseen johtaneiden syiden tutkimisella. Historia paljasti laitteen hälytysherkäksi. Laite on sijoitettu säiliöosastolle, missä ei ole kompressorille suotavat olosuhteet esimerkiksi kosteuden, nesteroiskeiden ja kuumuuden vuoksi.

Koska laitteen vikahistoriasta löytyi useita hälytyksiä korkeista öljynlämmöistä, laitteenhuolto aloitettiin öljynlauhduttimen puhdistuksella. Öljynlauhdutin on esitetty kuvassa 8.2. Kuva auttaa hahmottamaan tyypillistä turbokompressoriosien sijoittelua. Kuvan turbokompressorin ei ole TD 507 -malli. Samalla suoritettiin imuilman säätöventtiilin nivelistön voitelu. Nesteet ja nestepinnat tarkastettiin ja todettiin niiden olevan kohtalaiset. Tämän lisäksi tehtiin tarvittavat valmistelut ennen käynnistysyrityksiä.



Kuva 8.2. Esimerkki osien sijoittelusta turbokompressorissa. (Kuvat lähteestä /20/)

Kompressor ei kuitenkaan käynnistynyt halutulla tavalla, vaan meni vikatilaan ja sammui. Syyksi epäiltiin seisonen kompressorin säätölaitteistoa säätöventtiili, säätövarsi ja säätömoottori, joka voitelusta huolimatta esti laitteen kuormituksen. Säätömoottori vaihdettiin uuteen ja osat puhdistettiin. Kompressorä käynnistettäessä vikatilat kuitattiin pois ja käynnistys aloitettiin. Kompressor toimi hyvin alle kaksipäivää, mutta ilmoitti pysähdyksen syyksi liian korkean välijäähdyttimen lämpötilan. Myös öljyn lämpötilat olivat korkealla.

Seuraavaksi vikaa etsittiin välijäähdyttimistä. Tukoksia välijäähdyttimissä pidettiin mahdollisena syynä korkeisiin lämpöihin. Välijäähdyttimet purettiin auki ja hapettuneet ja ruosteen kyllästämät lauhduttimet pestiin (katso kuva 8.3). Uudentyyppiset tefloniset huulitiivisteet vaihdettiin vanhojen kumisten tilalle ohivirtauksen estämiseksi. Lisäksi lauhduttimien pesät hiekkapuhallettiin, maalattiin, kasattiin ja itse lauhteenpoistojärjestelmää tehostettiin automaattisilla lauhteenpoistajilla. Myös putken kokoja suurennettiin mahdollisten tukkeutumisien estämiseksi. Näiden toimenpiteiden ansios-

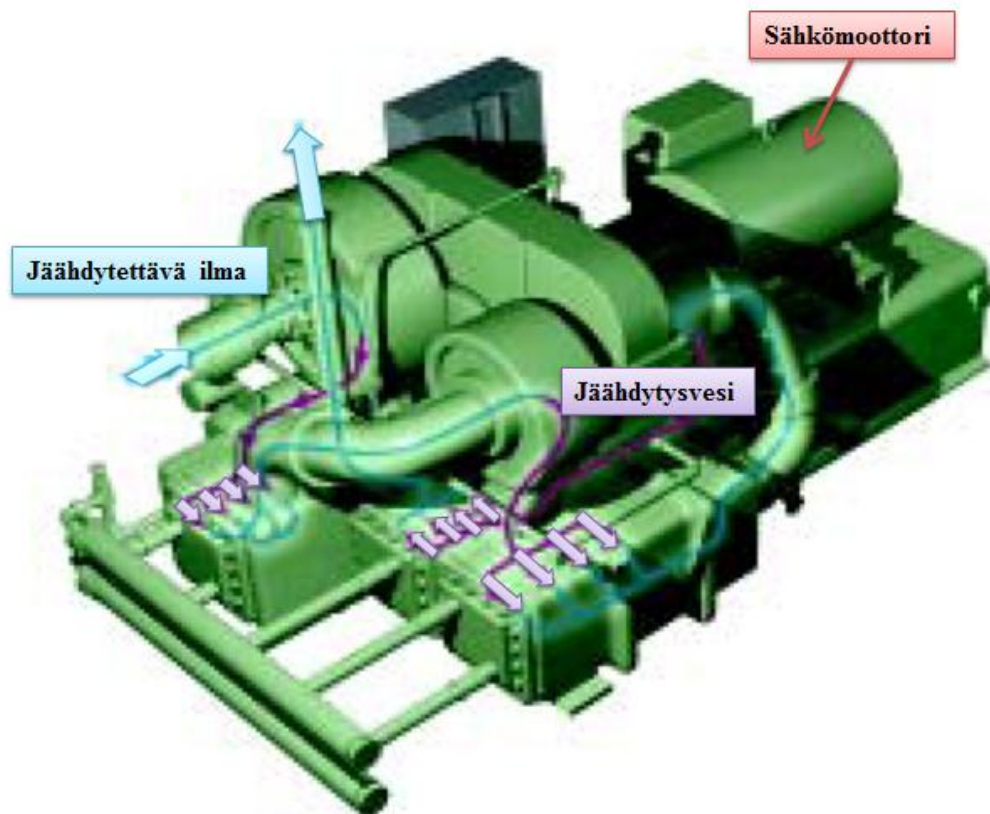
ta kuivainten kuormitus pieneni. Välijäähdyttimet kasattiin ja kompressorin käynnistystä yritettiin uudelleen. Pikku-turbo käynnistyi, mutta pysähtyi jälleen muutaman päivän kuluttua.



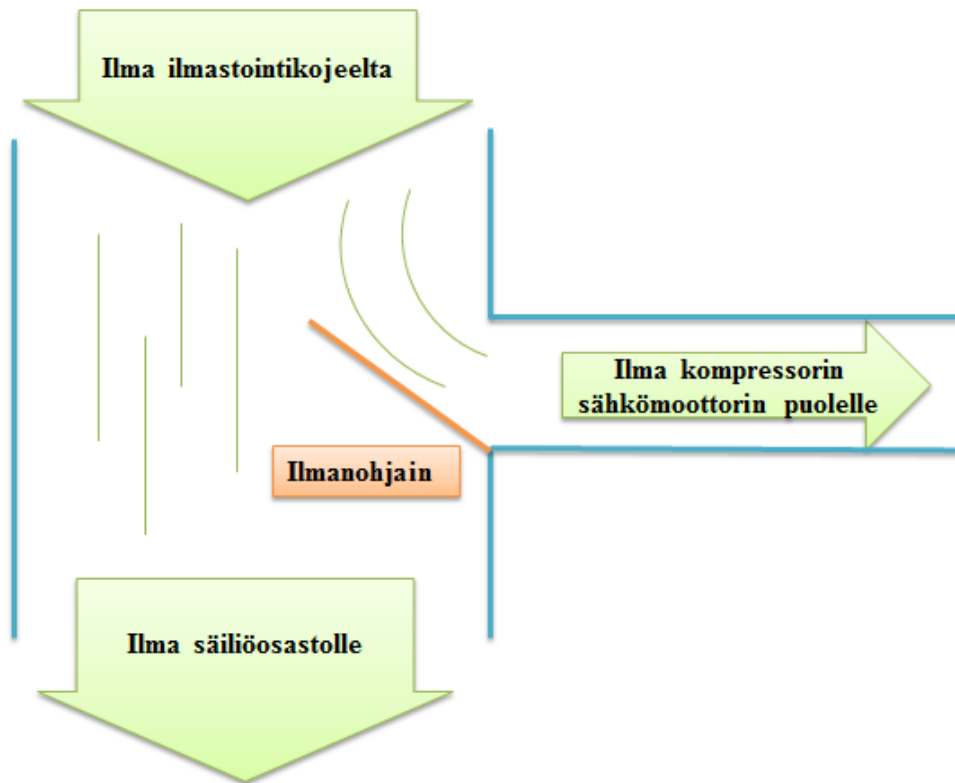
Kuva 8.3. Välijäähdyttimien pesät ennen ja jälkeen kunnostuksen.

Kompressorin öljynlauhduttimen yhteyteen vaihdettiin uusi termostaatti ja tällä saatiin öljynlämmöt pysymään ohjearvoissa. Neljännen käynnistysyrityksen yhteydessä ilmeni yhteysvika, joka johtui kosteuden aiheuttamista hapettumista. Hapettuneet johdot liitettiin uudelleen ja tällä kertaa Pikku-turbo pysyi käynnissä toivotusti. Välijäähdyttimen tiivisterikon vuoksi öljyjen sekaan pääsi vettä, joten lopuksi vaihdettiin vielä öljyt ja öljynsuodatin. Nykyään kompressorin tuottaa paineilmaa Kaukopään paineilma-verkkoon noin 50m³/min.

Lisähuoltotoimenpiteinä mainittakoon Pikku-turbon ilmastoinnin muutostarve ja korvausilmaohjaimen sekä poistopuhaltimen puhdistus. Poistopuhallin tulisi myös huoltaa. Panostusta kaipaasi myös imuilman ottopaikka, joka on tällä hetkellä suoraan säiliöosaston sisäilmasta. Mahdollisuutena olisi imuilman ottaminen ulkoa tai mahdollisesti jäähdytetystä ilmastoinnista. Kompressorin suojakotelon, tai kuten kuvassa 3.5 on esitetty nimellä ”kompressorin laatikko” ilmastointi pitäisi muuttaa siten, että jäähdytysilmaa ohjautuisi huomattavasti enemmän sähkömoottorinpuoleiseen päähän, jotta käyttölämpötila pienenesi ilmavirtauksen ansiosta. Tämä voidaan toteuttaa ilmastointiputkeen asennettavalla ohjauspellillä. Yleinen kompressorin vesi- ja ilmakierto on havainnollistettu kuvassa 8.4 ja kuvassa 8.5 on hahmotelma ohjauspellin sijoittamisesta optimaaliseen paikkaan.



Kuva 8.4. Esimerkki jäähdytysvesi- ja jäähdytysilmakierrosta turbokompurassa. (Muokattu lähteestä /20/)



Kuva 8.5. Hahmotelma ilmanohjaimen sijainnista.

Vanhoilla kompressoreilla huollot tuovat kustannuksia ja varaosien hankinta on hankalaa. Lisäksi osien saatavuus voi olla syynä kyseisten kompressorien poistamiseen käytöstä. Vanhojen osien korvaaminen uusilla vie aikaa ja vaatii runsaasti tietotaitoa. Määräajoin tehdyillä huolloilla ja oikeanlaisella voitelulla voidaan pidentää laitteiden sekä osien elinikää huomattavasti. Lisäksi teho ja käyttövarmuus kasvavat ja myös palovaaraa saadaan pienennettyä.

9 YHTEENVETO

Alla oleva taulukko 9.1 on yhteenveto kaikista työn aikana syntyneistä kehitysideoista Imatran Kaukopään tehtaalle. Jokainen idea on selitetty tarkemmin viimeisessä sarakkeessa mainituissa kappaleissa.

Taulukko 9.1. Kehitysideat tehtaalle.

Kehitysidea	Kohde	Toteutus	Hyödyt	Haitat	Huomiot	Kappaleessa
Säännöllinen vuotokartoitus	Paineilmajärjestelmä	Motivan PATE-analyysin tavoin, työssä luotua luettelopohjaa apuna käyttäen	Energiatehokkuus		Täsmällisyys ja säännöllisyys tärkeää	4.1 ja 7.1
Kuivauskone 1 suurpaalisitojen toiminnan varmistus	KU1 pakkaamon suurpaalisitojat	Paineilmamittauksen asennus alentimen läheisyyteen	Nähdään mahdolliset paineilmahittelyt	Investointikustannukset	Paineilmahittelyiden ei uskota olevan ongelma	4.3
Paineilmaverkon paineen laskeminen	Paineilmajärjestelmä	Lasketaan paineilmaverkon painetaso optimiin eli 5,5 bar paineeseen	Energiatehokkuus	Huoltamattomat vanhat laitteet voivat vikaantua	Henkilöstön tiedottaminen ja järjestelmällinen huolto tarpeen	5 ja 7.2
Uuden kompressorin hankinta tehtaalle	Paineilmajärjestelmä	Asennetaan tehtaalle säädettyä turbokompressori mahdollisesti erilliseksi kompressorikeskukseksi + adsorptiokuivain	Sähkösyöttö ja runkolinja välittömässä läheisyydessä, mahdollistaa tuotantokapasiteetin noston	Investointikustannukset	Luotava toteutussuunnitelma	6 ja 7.3
Säiliötilavuuden kasvattaminen	Paineilmaverkosto, painesäiliöt	Säiliö asennetaan lähelle suurimpia paineilmakuluttajia tai sellaisen kohteen läheisyyteen, joka on herkkä painehittelyille	Kerää pois epäpuhtauksia, antaa lisätilavuutta, painehittelyt pienenevät	Paineastiatarkastukset, huollot, investointikustannukset	Toimii paineilmalinjojen sakkuppeina	4.2 ja 7.4
Suodatinmallien muuttaminen	Kompressorien läheisyydessä	Vaihdetaan suodatinmallit ja maljat	Painehäviöt pienenevät, energiatehokkuus paranee, suodattimen vaihtoväli pitenee	Putkimuutokset	Kehitysidea otettu käyttöön	8.1
Jäähdytysilman kierron optimointi	Pikku-turbo KA4:n säiliöosastolla	Ohjauspellin asennus, korvausilman ohjainten puhdistaminen, poistoilmapuhaltimen huolto ja puhdistus	Pikku-turbon käyttölämpötila pienenee, teho ja käyttövarmuus kasvavat, palovaara pienenee	Haitana voidaan pitää ohjauspellin rajoittamaa ilmamäärän kulkua säiliöosastolle		8.2

LÄHTEET

1. Tervetuloa Imatran tehtaille. Stora Enson kotisivut. Saatavilla:
www.storaenso.com/about-us/mills/finland/imatra-mills/Pages/tevetulooa-imatran-tehtaille.aspx. (viitattu 15.10.2011)
2. Työpaikaksi Imatran tehtaot 03.2007. Stora Enson esittely CD.
3. Wallenius, A. 2009. Voimalaitoksen energiantuotanto. (Puhelinkeskustelu ja diaesitys) Ajankohta 15.04.2009.
4. Eforan kotisivut. Saatavilla: <http://www.efora.fi>. (viitattu 23.10.2011)
5. Kosonen, A. 2008. Keskustelu SESS nimeämisestä Eforaksi kunnossapitopäällikön kanssa. (Suullinen tiedonanto) Keskustelun ajankohta 7.11.2008.
6. Keinänen, T., & Kärkkäinen, P. 2003. Hydraulikka ja pneumatiikka, koneautomaatio 1. Porvoo: WS Bookwell Oy.
7. What is compressed air? Compressed Air kotisivut. Saatavilla:
<http://www.ecompressedair.com/library-pages/compressed-air.aspx>. (viitattu 22.10.2011)
8. Keinänen, T., & Kärkkäinen, P. 2005. Automaatiojärjestelmien hydraulikka ja pneumatiikka. Helsinki: Werner Söderström Oy.
9. Airila, M., Hallikainen, K., Kääpä, J. & Laurila, T. 1983. Kompessorikirja. Helsinki: KK laakapaino.
10. Ellman, A., Hautanen, J., Järvinen, K. & Simpura, A. 2002. Pneumatiikka. Helsinki: Edita Prima Oy.
11. Fonselius, J., Hautanen, J., Mutikainen, T., Pekkola, K., Salmijärvi, O. & Simpura, A. 1997. Koneautomaatio pneumatiikka. Helsinki: Oy Edita Ab.

12. Penttinen, P. 2009. Teollisuuden paineilmaenergia-analyyseissä havaittujen säästötoimenpiteiden toteutusaste ja saavutettu säästö. Diplomityö. Espoo
13. Energiatehokas paineilmajärjestelmä osa ½. Motiva Oy:n Koulutusmateriaali. Saatavilla: www.motiva.fi/files/1568/Energiatehokas_paineilmajarjestelma_OSA1.pdf. (viitattu 15.10.2011)
14. Sarlin kotisivut. Saatavilla: <http://www.sarlin.com>. (viitattu 17.3.2010)
15. Pneumatiikka. Mekatroniikan peruskurssi. Kevät 2007. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, konetekniikan osasto.
16. Inkinen, H. 2008. Paineilman tuotto Kaukopäässä. (Sähköposti) Lähetyspäivä 9.12.2008.
17. Pulkkinen, K. 2011. Kaukopään ruuvi- ja turbokompurat. (Puhelinkeskustelu) Keskustelun ajankohta 24.10.2011.
18. Parker Hannifin Corporation kotisivut. Saatavilla: <http://www.parker.com> (viitattu 5.11.2008)
19. Tamrotor kompressorit Oy:n kotisivut. Saatavilla: <http://www.compressor.fi> (viitattu 5.11.2008)
20. Cooper Turbo Air Turbokompressorit. Esite. Saatavilla: http://www.compressor.fi/www/media/EsitePDF/Cooper_turbokompressorit.pdf (viitattu 15.9.2011)
21. Kompressorit: Kompressorit ja paineilmakuivaus. Atlas Copcon mainosmateriaali, 12.11.2008.
22. Francis, J. 2011. Air Quality Standards ISO 8573.1 & ISO 12500. Compressed Air kotisivut. Saatavilla: www.airbestpractices.com/system-assessments/air-treatment/n2/air-quality-standards-iso-85731-iso12500. (viitattu 15.10.2011)
23. Hyvää paineilmaa. Tecalemit Indutrade Group, mainoslehti, 5/2007.

24. Vuoto- ja hintalaskuri. Sarlin kotisivut. Saatavilla:

<http://www.sarlin.com/?Deptid=6649>. (viitattu 27.10.2011)

25. Sarlin Balance -paineilmajärjestelmän ohjaus ja valvonta. Toimintaselostus, 10/2008.

26. Inkinen, H. & Pulkkinen, K. 2011. Vuotokartoitus ja kompressorit. (Puhelinkeskustelu) Keskustelun ajankohta 26.10.2011.

27. Kunnossapito-ohje. Valmet Fibertech Ab.

KAUKOPÄÄN IMATRAN TEHTAAN PAINEILMAVERKOSTON TILAVUUSARVIO			
<i>Taulukkoa apuna käyttäen: OY E.SARLIN AB lämpöteknillinen jaosto (DIN 2448 mukaiset "ISO"-teräsputket normaaliseinämän paksuudella)</i>			
<i>Mittalukuja: 1 dm³ = 1 litra, 1000 dm³ = 1 m³</i>			
Sijainti	Putki koko	Metrimäärä (m)	Putkentilavuus (dm³)
KL3	IPA 250	58	3088,5
	IPA 150	160	3188,8
	INN 100	164	1477,6
KA0	IPA 50	110	256,4
PCC	IPA 50	18	42
	INN 100	96	865
PÄT - VKA välillä	IPA 100	292	2630,9
VKA - KL3 välillä	IPA 100	276	2486,8
KU1	IPA 100	490	4419,9
	INN 80	542	2899,7
Konekorjaamo - SY2	IPA 50	608	1417,2
SAK menevä linja	IPA 250	80	4260
	IPA 80	74	395,9
PK6	IPA 100	206	1856,1
	INN 100	326	2937,3
KMO - KL3 välinen linja	IPA 150	958	19092,9
	IPA 80	110	588,5
	IPA 50	474	1104,9
Hakesiilo	IPA 80	210	1123,5
	IPA 50	328	764,6
Seulomo - KL2 välinen linja	IPA 50	1006	2345
PÄT	IPA 150	12	239,2
	IPA 100	252	2270,5
	IPA 50	420	979
KA2	IPA 100	216	1946,2
	INN 100	596	5370
KA1	IPA 150	442	8809,1
	INN 100	334	3009,3
	INN 25	146	93,1
PK 8	IPA 300	40	3012
	IPA 250	120	6390
	IPA 150	228	4544
	IPA 80	454	2428,9
	INN 100	522	4703,2
	INN 25	240	153,1
KA 4	IPA 300	24	1807,2
	IPA 200	194	6555,3
	IPA 150	270	5381,1
	IPA 100	100	901
	IPA 80	180	963
	IPA 50	84	195,8
	INN 100	426	3838,3
	INN 80	172	920,2
	INN 25	40	25,5

Sijainti	Putki koko	Metrimäärä (m)	Putkentalavuus (dm ³)
SK 6 ja säiliöt (harjulla)	IPA 100	392	3531,9
	IPA 80	122	652,7
	IPA 50	24	55,9
	IPA 40	48	70
KTO	IPA 80	86	460,1
	IPA 50	94	219,1
JÄÄHDYTYSTORNIT	DN 80	524	2803,4
	DN 50	284	662
CTMP - KM3 - UP4	IPA 100	182	1639,8
	IPA 80	132	706,2
	INN 50	136	317
KUORIKASA - KK2	IPA 32	290	315,5
AUTOVAAKA - KL3	INN 80	86	460,1
	INN 50	566	1319,3
Edellä olevat tilavuusarvot on arvioitu kaksikulotteisen paineilmakaavion mukaan, jonka vuoksi korkeuseroista ja putkimuutoksista johtuvat tilavuudet on arvioitu erikseen seuraavasti (26.11.2009):			
	IPA 250	200	10650
	IPA 100	100	901
	IPA 80	160	856
		Metrimäärä (m)	Putkentalavuus (dm³)
PUTKET YHTEENSÄ		15524	147396,5
SÄILIÖT			Säiliötilavuus (dm³)
PT 424-916			30000
KAT 425-915			8000
PK6 425-917			10000
RVP 791-908 (ei yhteydessä verkkoon, alempi paine)			2700
SÄILIÖT YHTEENSÄ			50700
PAINEILMAVERKOSTON TILAVUUS, m³			198

LIITE 2

OY E. SARLIN AB Lämpöteknillinen jaosto			DIN 2448 mukaiset "ISO"-teräsputket normaaliseinämän paksuudella						
Nimellis- koko NS mm	Putki- kierre R in	Sisähal- kaisija D _i mm	Seinämän paksuus d mm	Ulkohal- kaisija D _a mm	Sisäpöik- kipinta q cm ²	Tilavuus V dm ³ /m	Ulkovaip- pinta F ₁ m ² /m	Tilavuus- virta n _{op.} 1 m/s Q ₁ $\frac{\text{m}^3/\text{h}}{1 \text{ m/s}}$	Paino G ₁ kg/m
06	1/8	7	1,6	10,2	0,385	0,039	0,032	0,14	0,344
08	1/4	9,9	1,8	13,5	0,77	0,077	0,042	0,28	0,522
10	3/8	13,6	1,8	17,2	1,45	0,145	0,054	0,52	0,688
15	1/2	17,3	2,0	21,3	2,35	0,235	0,067	0,85	0,962
20	3/4	22,3	2,3	26,9	3,90	0,390	0,085	1,40	1,41
25	1	28,5	2,6	33,7	6,38	0,638	0,106	2,30	2,01
32	1 $\frac{1}{4}$	37,2	2,6	42,4	10,88	1,088	0,133	3,92	2,57
40	1 $\frac{1}{2}$	43,1	2,6	48,3	14,59	1,459	0,152	5,25	2,95
50	2	54,5	2,9	60,3	23,31	2,331	0,19	8,4	4,14
65	2 $\frac{1}{2}$	70,3	2,9	76,1	38,80	3,88	0,24	13,95	5,28
80	3	82,5	3,2	88,9	53,5	5,35	0,28	19,3	6,81
100	4	107,1	3,6	114,3	90,1	9,01	0,36	32,4	9,90
125	5	131,7	4,0	139,7	136,0	13,60	0,44	49,0	13,5
150		159,3	4,5	168,3	199,3	19,93	0,53	71,8	18,1
200		207,3	5,9	219,1	337,9	33,79	0,69	122	31,0
250		260,4	6,3	273	532,5	53,25	0,86	192	41,6
300		309,7	7,1	323,9	753	75,3	1,02	271	55,6
350		339,6	8,0	355,6	906	90,6	1,12	326	68,3
400		388,8	8,8	406,4	1188	118,8	1,28	427	85,9
500		486	11	508	1855	185,5	1,60	668	135

Kun putken pituus on "L" (metriä):

Kokonaispaino = $G_1 \cdot L$ (kg)

Kokonaisvaippa = $F_1 \cdot L$ (m²)

Kokonaistilavuus = $V \cdot L$ (dm³)

Virtausnopeuden ollessa "v" (m/s) niin tilavuusvirta on:

$Q = Q_1 \cdot v$ (m³/h)

SARLIN

Stora Enso Kaukopää Paineilmaraportti 22.04.2009 – 23.10.2009

1. Paineilmajärjestelmä
 - havainnot
 - kulutusprofiili
2. Poikkeamat
3. Ilmankulutus ja hyötysuhde

4. Painetasot
5. Kehittäminen

Liitteet: 1. Tarkistukset ja huoltohistoria

Paineilmajärjestelmä, huomioita

SARLIN

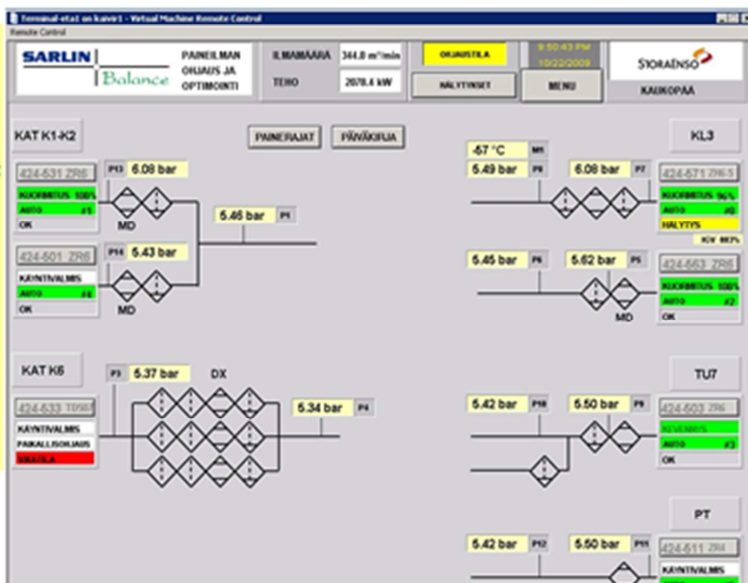
1) Ohjauspaineessa ei ole ollut jakson aikana poikkeamia.

2) Hyötysuhde on parantunut painetason laskun jälkeen. Ilmankulutus on pysynyt lähes ennallaan.

3) St3 asema on ollut edelleen uuden yhteydessä.

4) Paineita puotettu määrä tietoisesti. Vaatii ohjausparametrien uudestaan viritteksen.

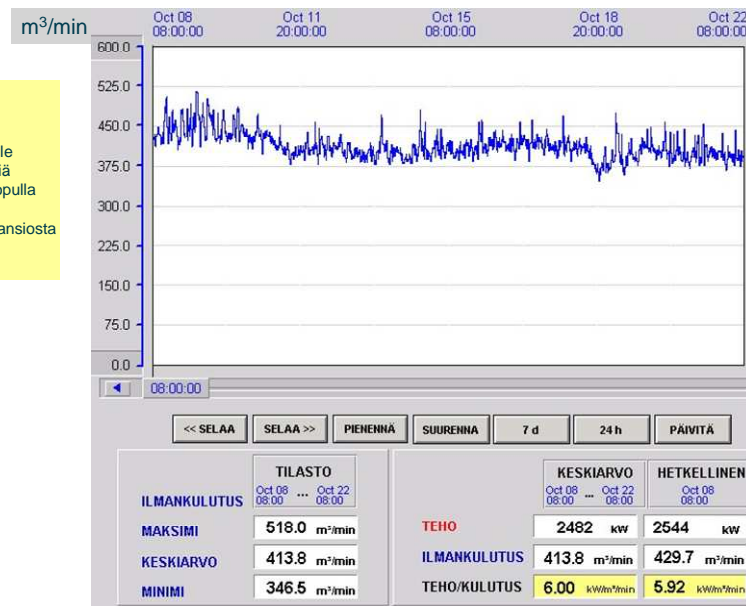
5) KAT 424-531 ja KL3 Z-nö kompressorien jälkeen korkea painehäviö.



Kulutusprofiili, 14 vuorokautta

SARLIN

Paineilman keskimääräisessä kulutuksessa ja kulutusprofiilissa ei ole tapahtunut merkittäviä muutoksia. Jakson lopulla kulutus laskenut paineenpudotuksen ansiosta (vaatii pidemmän seurannan)



17.2.2010

2

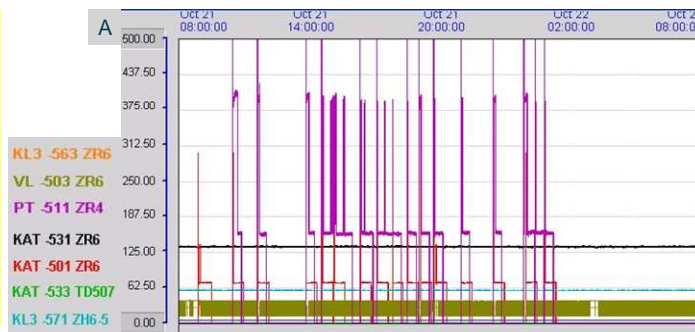
Kompressorit 24 h

SARLIN

Säätö tehdään pääsääntöisesti VL-503 ZR6 ja KAT-501 ZR6 kompressoreilla. Painetason laskun jälkeen KAT-501 ZR6 ja PT-511 ZR4 käyvät osakuormilla päällekkäin. Vaatii ohjausparametrien uudelleen virityksen.

KAT-533 TD507 käyntitietoja ei näy, kone vikatilassa.

Paineasetus 5,5 bar.



	KAT 424-531	KAT 424-501	KAT 424-533	KL3 424-571	KL3 424-563	TUF 424-503	PT 424-511
KÄYNTIJÄRJ. 1	01	04	00	00	02	03	05

17.2.2010

3

paineet 24 h

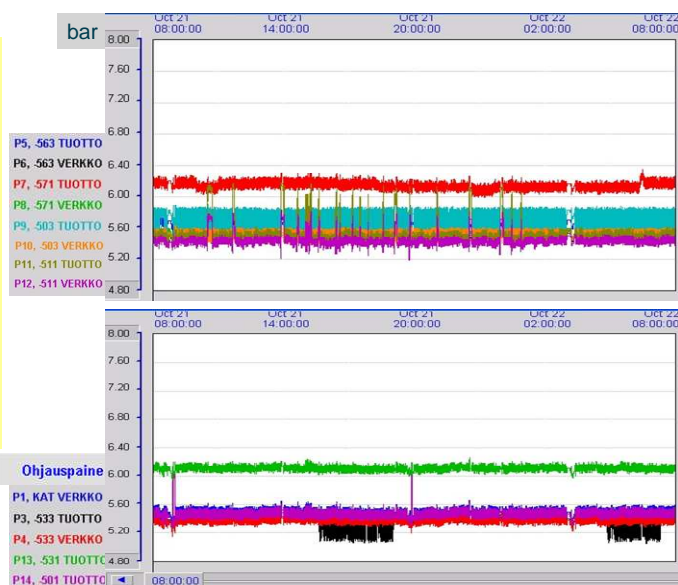
SARLIN

Paineet ovat pysyneet tasaisina.

ZH Turbon ja KAT 424-531 ZR6 jälkeen painehäviö korkea.

Painetason laskun seurauksena hyötysuhde on parantunut noin 0,3 kW/m3/min

Painetasoa on laskettu seuraavasti:
4.6.2009 5,9 -> 5,8 bar
6.10.2009 5,8-> 5,7 bar
19.10.2009 5,7 -> 5,6 bar
20.10.2009 5,6 -> 5,5 bar

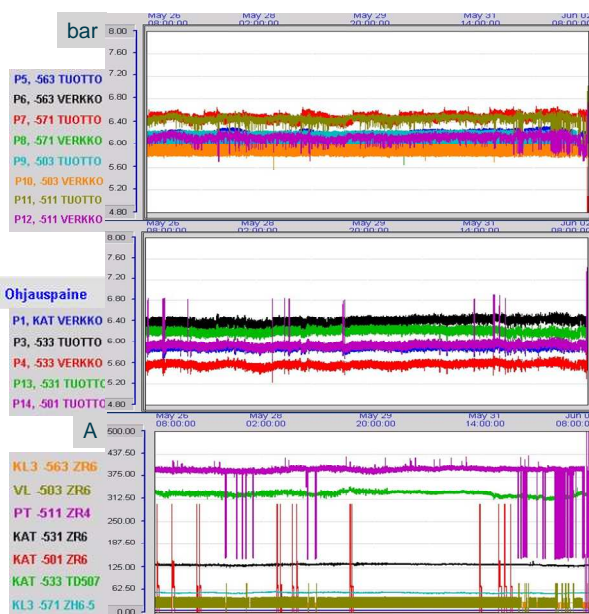


17.2.2010

4

Paineet ja kompressorit, asetus 5,9 bar, 7 vrk

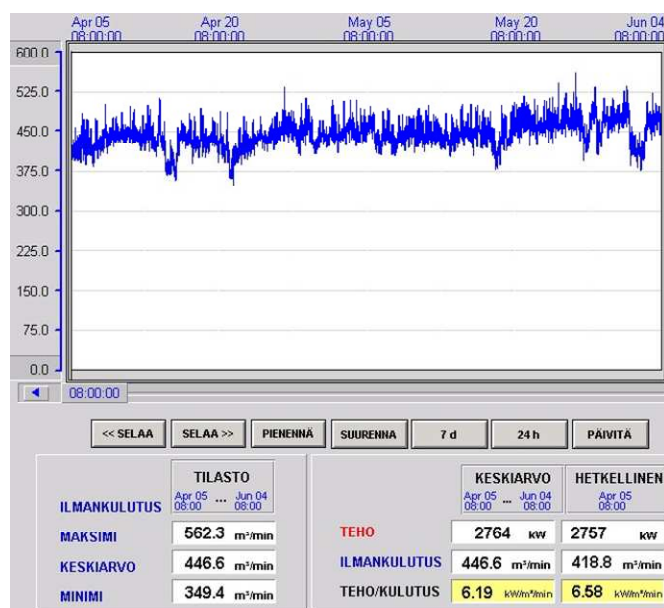
SARLIN



17.2.2010

5

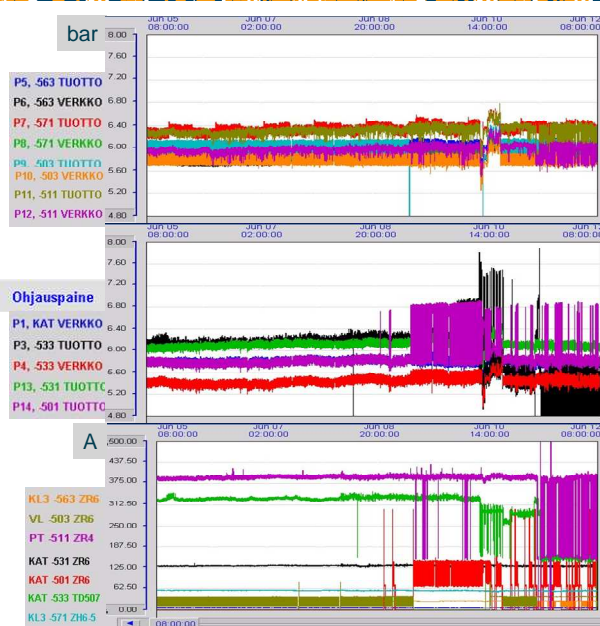
Teho ja ilmankulutus, paineasetus 5,9 bar, 60 vrk **SARLIN**



17.2.2010

6

Paineet ja kompressorit, asetus 5,8 bar, 7 vrk **SARLIN**



17.2.2010

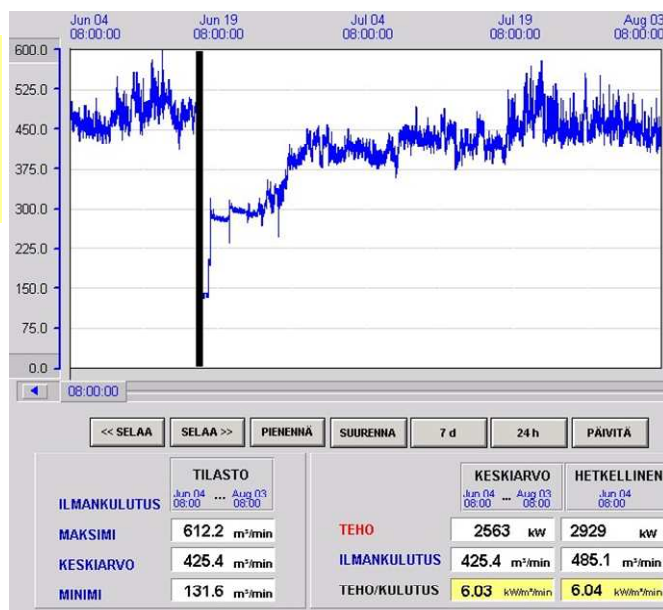
7

Teho ja ilmankulutus, paineasetus 5,8 bar, 45 vrk **SARLIN**

Painetaso pudotus 5,9->5,8
(1,4%)

Ilmankulutus vähentynyt 21,2
m³/min (4,7%)

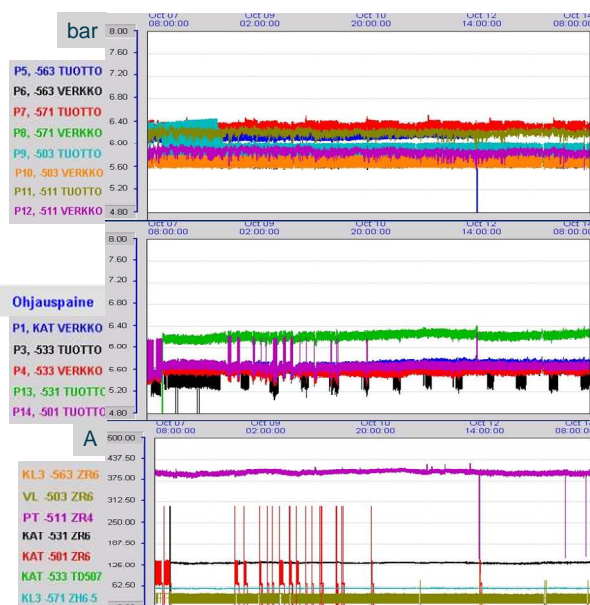
Teho alentunut 201 kW (7,3%)



17.2.2010

8

Paineet ja kompressorit, asetus 5,7 bar, 7 vrk **SARLIN**



17.2.2010

9

Teho ja ilmankulutus, paineasetus 5,7 bar, 15 vrk **SARLIN**

Painetason pudotus 5,9->5,7
(2,9%)

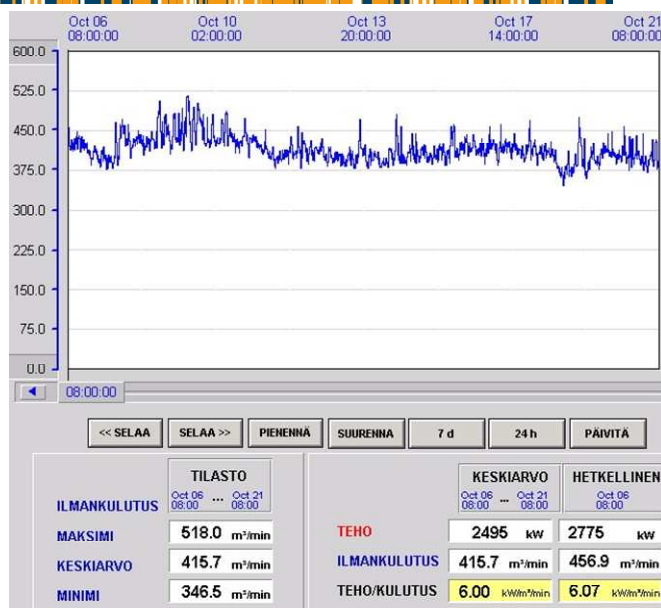
Ilmankulutus vähentynyt 30,9
m³/min (6,7%)

Teho alentunut 269 kW (9,7%)

Paineatson pudotus 5,8->5,7

Ilmankulutus vähentynyt 9,7
m³/min (2,3%)

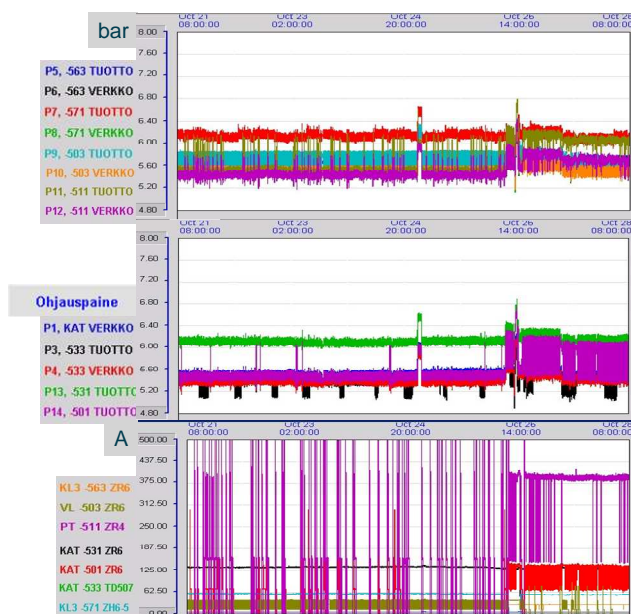
Teho alentunut 68 kW (2,7%)



17.2.2010

10

Paineet ja kompressorit, asetus 5,5 bar, 7 vrk **SARLIN**



17.2.2010

11

Teho ja ilmankulutus, paineasetus 5,5 bar, 15 vrk **SARLIN**

Painetason pudotus 5,9->5,5
(5,8%)

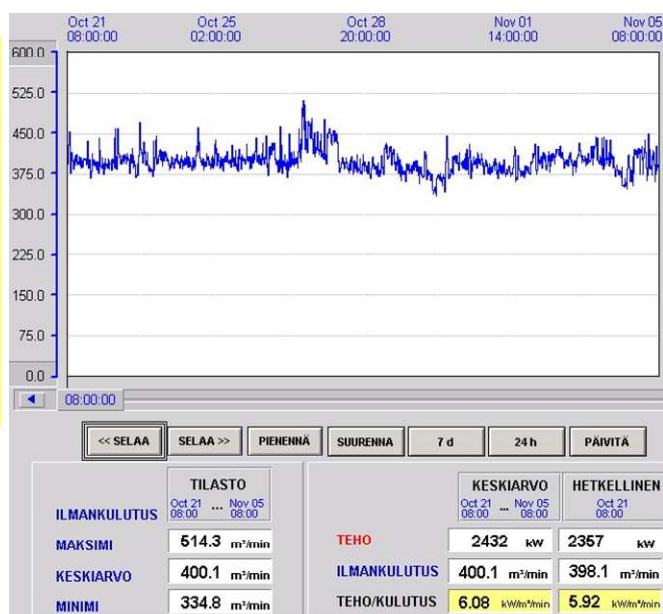
Ilmankulutus vähentynyt 46,5
m³/min (10,4%)

Teho alentunut 332 kW (12%)

Paineatson pudotus 5,7->5,5

Ilmankulutus vähentynyt 15,6
m³/min (3,8%)

Teho alentunut 63 kW (2,5%)



17.2.2010

12

Painetason pudotuksen vaikutus energiatalouteen **SARLIN**

Lähtöarvot				
Paineen pudotus	5,9	5,5	0,4 bar	
Kompressorin hyötysuhdemuutos			0,30 kW/m ³ /min/bar	
Keskimääräinen paineilman kulutus			427 m ³ /min	
Keskimääräinen ominaisenergiatarve			6,3 kW/m ³ /min	
Käyntitunnit			8 700 h/a	
Energian hinta			50 €/MWh	
Paineen pudotuksen vaikutus kompressoritehoon				
Ottotehon alenema			51 kW	
Energiansäästö vuodessa			445 MWh/a	
Rahallinen säästö			22 263 €/a	
Ilmankulutuksen vähenemisestä saavutettava energiansäästö				
Ilmakulutus vähenee paineiden absoluuttisessa suhteessa			5,8 %	
Ilmankulutuksen vähentyminen			24,7 m ³ /min	
Energiansäästö vuodessa			1 355 MWh/a	
Rahallinen säästö			67 758 €/a	
Energiansäästö vuodessa			1 800 MWh	
			90 021 €/a	

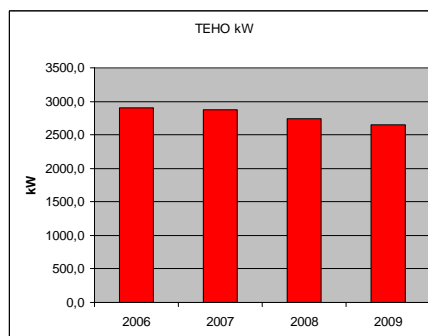
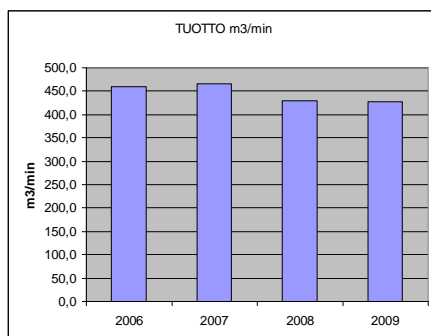
17.2.2010

13

Paineilman kulutus ja teho

SARLIN

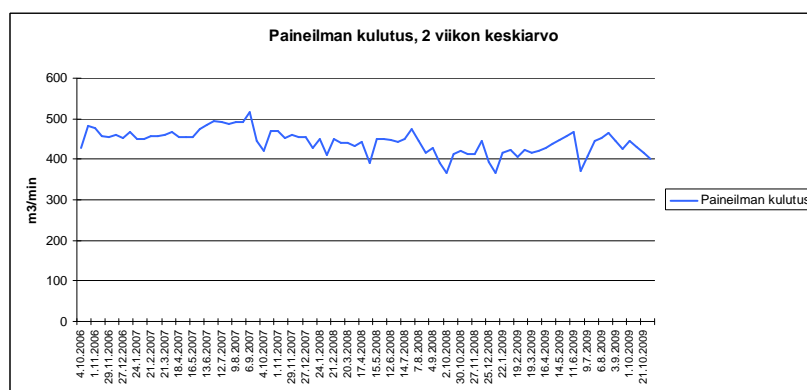
VUOSI	TEHO kW	TUOTTO m ³ /min	+TUOTTO	+TEHO	GWh/a
2006	2908,1	458,8			25,01
2007	2879,2	466,7	1,73 %	-1,00 %	24,76
2008	2734,8	428,6	-8,16 %	-5,01 %	23,52
2009	2649,7	426,5	-0,50 %	-3,11 %	22,79



17.2.2010

14

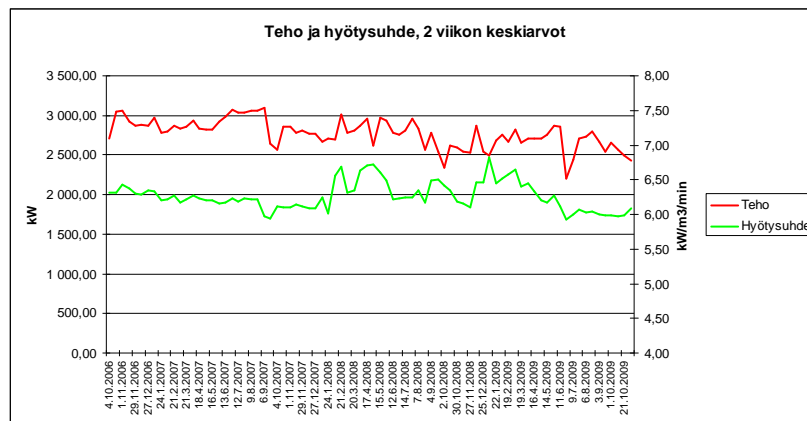
Paineilman kulutus

SARLIN


17.2.2010

15

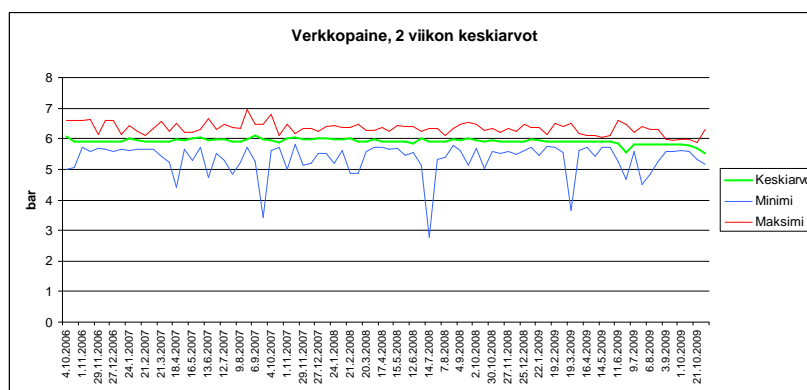
Teho ja hyötysuhde

SARLIN


17.2.2010

16

Painetasot

SARLIN


17.2.2010

17

Kehittäminen / jatkotoimenpiteet

SARLIN

1. Ratakatkosta tieto Balanceen, syksy –09, Sarlin tarjoaa, Efora Eino Suikkanen
2. Kastepistetiedot kuivaimista (tarjous tehty 16.5.08).
3. Ohjausparametrien uudelleen viritys -> käyntijärjestykset, käynnistysviiveet

BUDJETTITARJOUS

ATLAS COPCO KOMPRESSORIT JA KUIVAIMET

Kiitämme tarjouspyynnöstänne ja tarjoamme Teille seuraavasti:

Kpl	Tuote	à-hinta Euroa
1	Atlas Copco ZH7000-5-7E turbokompressor Moottori 10kV/50hz/630kW, 2980 rpm, IP55, liukulaakerit Kompressor on 3-vaiheinen, öljytöntä ilmaa tuottava, vesi-jäähdytteinen, kiinteä keskipakoiskompressor moottoreineen ja äänenvaimennuskoteloineen. Vapaa tuotettu ilmamäärä 6283,9 m ³ /h (104,7 m ³ /min) Optiona ZH7000-5-7 turbokompressorin tarjoamme: Äänenvaimennuskotelo Kaksoisöljynsuodatin EWD elektroninen lauhteenpoistin kompressorin PT1000 moottorin käämeissä	
1	Atlas Copco BD1800CE+PDC adsorptiokuivain Paineilmakuivain koostuu kahdesta kuivaintornista, joissa on adsorboivana aineena Silikagel. Kuivain on täysin automaattinen ja tarkoitettu jatkuvaan käyttöön ja sisäasennukseen. Kuivaimen vakiovarustukseen kuuluu elvytysenergian säästöjärjestelmä joka lyhentää elvytysjakson kosteuskuormituksen mukaan, lisäksi kuivain on varustettu kastepiste-ohjauksella.	
1	Atlas Copco DD1800F paineilman yhdistelmäsuodatin Suodatin on varustettu elektronisella lauhteenpoistimella ja vaihdettavilla suodatinelementeillä sekä paine-eromittarilla.	
1	Atlas Copco DDp1800F hiukkassuodatin Suodatin on varustettu käsityhjennyksellä ja vaihdettavilla suodatinelementeillä sekä paine-eromittarilla	
	Laitteiston yhteishinta	

Oy Atlas Copco Kompressorit Ab

Tuupakankuja 1
01740 VANTAA
Kotipaikka Vantaa

Ly-0642892-1 Kaupparek.nro 381.876

☎ (09) 296 441

Fax (09) 2964 251/ Myynti
(09) 2964 319/Huolto
www.atlascopco.fi
e-mail:etunimi.sukunimi@atlascopco.com



O. Sinisalo



TARJOUS

NO 374/1005/6HLFRR

28.10.2005

2(14)

Vuokra: 60 kuukauden vuokrasopimus sisältäen edellä mainitut laitteet. Kiinteä vuokra perustuu Handelsbanken Rahoitus Oy:n jälleenrahoitustilanteeseen tarjoushetkellä ja mikäli siinä tapahtuu muutos, pidättää rahoitusyhtiö oikeuden vastaavaan muutokseen. Edellyttää myönteistä luottopäätöstä pankilta.

Laitteiston vuokrasopimus hinta

Atlas Copco ennakkohuoltosopimus voidaan liittää vuokrasopimukseen, jolloin kuukausimaksuun lisätään huoltojen osuus.

Takuu	Takuu-aika on 12 kuukautta toimituksesta. Takuu käsittää raaka-aine ja valmistusvirheet. Toimittaja korvaa takuunalaiset vialliset osat uudella tai asianmukaisesti korjatulla osalla. Takuu sisältää myös työkustannukset normaalina työaikana.
Hinnat	ilman arvonlisäveroa (ALV 0%)
Toimitusaika	sopimuksen mukaan
Toimitusehdot	vapaasti huolitsijallamme Vantaalla
Maksuehdot	30 päivää netto
	Tarjous on voimassa 30 päivää sitoumuksetta lakisääteisten maksujen muutoksiin, jotka eivät ole valvottavissamme.
Teitä palvelee	piiripäällikkö Olli Pekka Sinisalo puh. 09-2964 450 tai GSM 0400-410 749.
Muut ehdot	Muilta osin noudatamme Oy Atlas Copco Kompressorit Ab:n yleisiä myyntiehtoja (liite).
	Ystävällisin terveisin OY ATLAS COPCO KOMPRESSORIT AB



TARJOUS

NO 374/1005/6HLFRR

28.10.2005

3(14)

TEKNINEN ERITTELY

Atlas Copco kompressorit ZH7000-5-7-50/690V

Kompressorit on 3-vaiheinen, öljytöntä ilmaa tuottava, vesi-jäähdytteinen, kiinteä keskipakoiskompressorit moottoreineen ja käynnistimineen.

Design-olosuhte (Suunnitteluolosuhte)	Imuilman paine	1 bar(a)
	Imuilman suhteellinen kosteus	60 %
	Imuilman lämpötila	35 °C
	Jäähdytysveden tulolämpötila	26,7 °C
	Nimellistyyöpaine	7 bar(e)
	Moottorin kierrosluku	2980 rpm
Raja-arvot	IGV (ohjaussäätösiivekkeiden) asento	0 °
	Mekaaninen suunnittelupaine	13,5 bar
	Maksimi asettelupaine	7,7 bar(e)
	Suurin sallittu imuilman lämpötila	+40 °C
	Alin sallittu imuilman lämpötila	-28 °C
	Suurin sallittu ympäristön lämpötila	+40 °C
	Alin sallittu ympäristön lämpötila	+5 °C
	Suurin sallittu tuloveden lämpötila	+35 °C
	Suurin sallittu poistuvan veden lämpötila	+50 °C
	Suurin sallittu jäähd.vedenpaine	7 bar(e)
Tekniset arvot design-olosuhteissa	Alin sallittu jäähd.vedenpaine	2 bar(e)
	Vapaa tuotettu ilmamäärä (FAD)	1745 l/s
	Akselitehontarve	532 kW
	Ominaisakselitehontarve	305 J/l
	Paineilman loppulämpötila	36,7 °C
	Jäähdytysveden tarve (dt=10°C)	15 l/s
Kompressorin muut tiedot	Äänitaso ilman äänieristyskoteloa	81 dB(A)
	Äänitaso äänieristyskotelolla	70 dB(A)
	Puristusvaiheiden määrä	3 kpl
	Suosittelu jäähdytysveden paine	3 bar(e)
	Lisäöljypumpun tehontarve	0,75 kW
	Öljysäiliön huohottimen tehontarve	0,18 kW
	Öljylämmittimen tehontarve	2,0 kW

Oy Atlas Copco Kompressorit Ab

Tuupakankuja 1
01740 VANTAA
Kotipaikka Vantaa

Ly-0642892-1 Kaupparek.nro 381.876

☎ (09) 296 441

Fax (09) 2964 251/ Myynti
(09) 2964 319/ Huolto

www.atlascopco.fi

e-mail: etunimi.sukunimi@atlascopco.com



TARJOUS

NO 374/1005/6HLFRR

28.10.2005

4(14)

Yhteenveto ZH7000-5-7 kompressorin suorituskyvystä eri olosuhteissa.

	Yksikkö	AML Design & Takuuolosuhteet	Paikallisolosuhte kesä	Paikallisolosuhte talvi
Barometrinen paine	Bar(a)	1	1,013	1
Imupaine				
Imuilman lämpötila	°C	35	25	5
Suhteellinen kosteus	%	60	60	60
Jäähdytysvesi	°C	26,7	20	10
Lähtöpaine	bar(g)	7	7	7
Vapaatuotettu ilmamäärä FAD	l/s	1745	1795	1844
Akseliteho	kW	532	561,2	604,2
Ominaisakselitehontarve	J/l	305	312,6	327,6
Jäähdytysvesimäärä DT= 10 °C	m³/h	54	49	50
Lähtevän ilman lämpötila	°C	36,7	30	20

HUOM! Suorituskyky AML olosuhteissa on mitattu ASME PTC 10 testimenetelmän mukaan

AML Design & Takuuolosuhde: Vapaa tuotettu ilmamäärä (FAD) +/- 4%, ominaisakselitehontarve +/- 5%

Muissa olosuhteissa ilmoitetut suorituskykytiedot ovat laskennallisia

Äänitaso: 70 dB(A) +/- 3 dB(A) äänieristyskotelolla; 81 dB(A) +/- 3 dB(A).

Oy Atlas Copco Kompressorit Ab

Tuupakankuja 1
01740 VANTAA
Kotipaikka Vantaa

Ly-0642892-1 Kaupparek.nro 381.876

☎ (09) 296 441

Fax (09) 2964 251/ Myynti

(09) 2964 319/Huolto

www.atlascopco.fi

e-mail: etunimi.sukunimi@atlascopco.com



TARJOUS

NO 374/1005/6HLFRR

28.10.2005

5(14)

Jäähdytinmateriaalit (putkilämmönvaihdin)

- | | |
|-----------------------------------|-------------------------------------|
| 1. Välijäähdyttimet | |
| - Vaippa | Valurauta |
| - Jäähdytinputket (vesi putkessa) | SS-ferriittiteräs
(R249; 1,4521) |
| 2. Jälkijäähdytin | |
| - Vaippa | Valurauta |
| - Jäähdytinputket (vesi putkessa) | SS-ferriittiteräs
(R249; 1,4521) |
| 3. Öljynjäähdytin | |
| - Vaippa | Teräs |
| - Jäähdytinputket | Kupari |

Ohjausyksikkö näytöllä: ELEKTRONIKON

Suorituskykyarvot

Imuolosuhde on mitattu tuloilma-aukon ritilässä

Vapaa tuotettu ilmamäärä (FAD): paineilmanvirtaus kompressorin lähtölaipassa (vastaventtiilin jälkeen) muutettu imuolosuhteeseen (ennen imusuodatinta), ASME PTC 10 standardin mukaan.
Vapaa tuotettu ilmamäärä (FAD) lasketaan: $FAD = \frac{Massa_{uioz}}{q_{ymp}}$, missä q_{ymp} on imuilman tiheys.

Suorituskyky täydellä kuormalla ASME PTC 10 mukaan:

Vapaa tuotettu ilmamäärä (FAD)

± 4 %

Tuottomäärä

Ominaisakselitehontarve

± 5 %

Vakiovarustus

Ilman kierto

1. Kuivatyyppinen imuilmasuodatin ja imuäänenvaimennin.
2. Joustava liitos imusuodattimen/äänenvaimentimen ja imusäätösiivekkeiden (IGV) välillä.
3. Imusäätösiivekkeitä (IGV) ohjaa sähköinen toimilaite.
4. Kolme puristusvaihetta kytketty vaakatasoon leikattuun vaihteistoon. Ensimmäisen ja toisen puristusvaiheen juoksupyörä on asennettu ensimmäiselle akselille. Kolmannen vaiheen juoksupyörä on asennettu toiselle akselille.
5. Välipaineputkistot on varustettu victaulic-liittimillä jotka sallivat termiset laajentumiset.
6. Kaksi välijäähdytintä ja jälkijäähdytin ovat putkityyppisiä lämmönvaihtimia. Jokainen jäähdytin on varustettu

Oy Atlas Copco Kompressorit Ab

Tuupakankuja 1
01740 VANTAA
Kotipaikka Vantaa

Ly-0642892-1

Kaupparek.nro 381.876

☎ (09) 296 441

Fax

(09) 2964 251 / Myynti

(09) 2964 319 / Huolto

www.atlascopco.fi

e-mail: etunimi.sukunimi@atlascopco.com



TARJOUS NO 374/1005/6HLFRR

28.10.2005

6(14)

vedenerottimella ja automaattisella sekä käsikäyttöisellä lauhteenpoistimella.

7. Puhallusventtiili sähköisellä toimilaitteella ja äänenvaimennin asennettu kompressorin.
8. Vastaventtiili
9. Kumipalje paineilman lähtölaipassa (DIN laippa).
10. ELEKTRONIKON ohjattu säätöjärjestelmä; imusiivekkeiden (IGV) modulointi ja puhallusventtiili.

Vakiopaine ylläpidetään imusiivekkeiden (IGV) avulla kompressorin kapasiteetti-säätöalueella.

Sakkausasteessa (surge-point) (minimi kapasiteetti) IGV - säätö loppuu ja ulospuhallussäätö alkaa.

Vaihteisto

1. Vaakatasossa leikattu vaihteisto sisältää laakerit, ilma- ja öljytiivistet sekä vaihteiston helical-leikatut (viistoleikatut) hammaspyörät.
2. Korkeakierrosakselit on varustettu vaakaleikatuilla joustavilla säteettäis- ja aksiaaliliukulaakereilla.
3. Kaikkien juoksupyörien värähtelyt valvotaan "Bently Nevada" värähtelyantureilla.
4. Päähammaspyörän akseli on varustettu vaakaleikatuilla säteettäis- ja aksiaaliliukulaakereilla.
5. Ilmantiivistet ovat helposti vaihdettavat hiilirengastiivistet jotka minimoivat ilmavuodot.
6. Öljytiivistet ovat Atlas Copcon patentoimat. Tiivistessä yhdistyvät labyrinthitiivisteiden ja hiilirengastiivisteiden edut. Tiivisteiden rakenne poistaa huuhteluilman tarpeen myös pysähdys- ja kevennysvaiheessa.

Öljynkierto

1. Öljysäiliössä, joka on integroitu moottorin alustaan, on:
 - Öljyn lämmitin
 - Öljysäiliön huohotinjärjestelmä joka estää öljysumun poispääsyn öljysäiliöstä
 - Voiteluöljyn imusiivilä joka suojaa öljypumppua
 - Kaksi tarkastusaukkoa säiliön tarkastusta ja puhdistusta varten.
 - Näkölasi joka osoittaa öljyn määrän.
 - Täyttöaukko ja tyhjennysventtiili.
2. Pääöljypumppu jota käyttää pääakseli
3. Apuöljypumppu, sähkömoottorikäyttöinen, käynnistystä, alasajoa ja hätätilanteita varten.
4. Vastaventtiili

Oy Atlas Copco Kompressorit Ab

Tuupakankuja 1
01740 VANTAA
Kotipaikka Vantaa

Ly-0642892-1

Kaupparek.nro 381.876

☎ (09) 296 441

Fax (09) 2964 251/ Myynti
(09) 2964 319/Huolto

www.atlascopco.fi

e-mail: etunimi.sutunimi@atlascopco.com



TARJOUS

NO 374/1005/6HLFRR

28.10.2005

7(14)

5. Öljysuodatin
6. Sisäiset putket ja venttiilit
7. Vesijäähdytteinen putkityyppinen öljynjäähdytin.
8. Öljyn lämpötilan valvontaventtiili.

Jäähdytysveden kierto

1. Kompressorin on varustettu yhdellä tulo- ja yhdellä poistoveden liitännällä. Molemmat liitännät on varustettu joustavalla laipallisella kumipalkeella.
2. Välijäähdyttimien, jälkijäähdyttimen ja öljynjäähdyttimen jäähdytysveden virtaus on kytketty rinnan. Jäähdyttimien keskinäiset virtausmäärät on säädetään venttiileillä.

Kompressorin – moottorikytkin

1. Kompressorin on kytketty jalallinen moottori joustavan levytyyppisen kytkimen avulla.
2. Kytkintä suojaa kytkinsuojus.

Runkoalusta

1. Kompressorin, moottorin, ohjauskaappi ja kaikki em. mainitut osat ja komponentit on asennettu yhteiselle runkoalustalle.
2. Kompressorin-moottorikokonaisuus on asennettu kumitassuilla joustavasti runkoalustalle.
3. Tukeva teräsrakenteinen runkoalusta on varustettu aukoilla haarukkatrukillla siirtoa varten. Laitteisto voidaan sijoittaa tasaiselle lattialle joka kestää sen painon.

Äänieristyskotelo (ainoastaan äänieristetyille laitteille)

1. Runkoalustan päälle rakennettu äänieristyskotelo muodostuu metallipaneeleista jotka ovat vuorattu palonkestävällä ja itsesammuttavalla äänieristeellä.
2. Huolto-ovissa on kaksoislukitukset.

HUOM! Korkeajännite käynnistin ei sisälly toimitukseemme.

Ohjaus ja valvontajärjestelmä:

Kompressorin ohjaa ja valvoo Elektronikon ohjaus- ja valvontajärjestelmä. Kompressorin toimintaa ohjaa paine- ja lämpötilantureiden mittamat lukemat.

Oy Atlas Copco Kompressorit Ab

Tuupakankuja 1
01740 VANTAA
Kotipaikka Vantaa

Ly-0542892-1 Kaupparek.nro 381.876

☎ (09) 296 441

Fax (09) 2964 251 / Myynti
(09) 2964 319 / Huolto

www.atlascopco.fi
e-mail: etunimi.sukunimi@atlascopco.com



TARJOUS NO 374/1005/6HLFRR

28.10.2005

8(14)

TEKNINEN ERITTELY

Atlas Copco adsorptiokuivain BD1800+PDC

Adsorptiokuivain BD1800+PDC on tarkoitettu poistamaan kosteutta paineilmaasta. Paineilmakuivain koostuu kahdesta kuivaintornista, joissa on adsorboivana aineena Silikagel. Kuivain on täysin automaattinen ja tarkoitettu jatkuvaan käyttöön ja sisä-asennukseen. Kuivaimen vakiovarustukseen kuuluu elvytysenergian säästöjärjestelmä joka lyhentää elvytysjakson kosteuskuormituksen mukaan. Lisäksi kuivain on varustettu kastepiste-ohjauksella.

Tekniset tiedot

Tuloilmamäärä	1800 l/s
Elvytyslämpötila	108,0 m ³ /min
Tornien vaihtoaika (Elektronikon-ohjaus)	140-160 °C
(kastepisteohjaus voi pidentää vaihtoväliä)	4,25 h
Pääliitännät, laippa Dn/Pn	150/16
Pääjännite	400 V, 50 Hz, 3-vaih.
Liitäntäteho (lämmitin + puhallin)	65,5 kW
Tehontarve, keskimäärin(täydellä kuormalla)	36 kWh/h
Kuivainaine	Silikagel
Kuivainainemäärä/torni	1150 kg
Kuivaimen painehäviö	0,12 bar
Kokonaispaino	4800 kg
Korkeus	2750 mm
Leveys	2740 mm
Syvyys	1858 mm
Suositteltu suodatin	DD/PD/DDp

Nimellisarvot

Paineilman tulopaine	7 bar(e)
Tulevan paineilman lämpötila	+ 35 °C
Tulevan paineilman suhteellinen kosteus	100 %
Paineenalainen kastepiste	- 40 °C

Raja-arvot

Suurin sallittu työpaine	11bar(e)
Alin sallittu työpaine	4,5 bar(e)
Suurin sallittu ympäristön lämpötila	+ 40 °C
Alin sallittu ympäristön lämpötila	+ 1 °C
Suurin sallittu tuloilman lämpötila	+ 45 °C
Alin sallittu tuloilman lämpötila	+ 1 °C

Kuivain on suunniteltu jatkuvaan käyttöön. Se muodostuu kahdesta kuivaintornista, jotka ovat käytössä vuorotellen. Tornien vaihto ja elvytys

Oy Atlas Copco Kompressori Ab

Tuupakankuja 1
01740 VANTAA
Kotipaikka Vantaa

Ly-0642892-1 Kaupparek.nro 381.876

☎ (09) 296 441

Fax (09) 2964 251/ Myynti

(09) 2964 319/Huolto

www.atlascopco.fi

e-mail: etunimi.sukunimi@atlascopco.com



TARJOUS NO 374/1005/6HLFRR

28.10.2005

9(14)

tapahtuu täysin automaattisesti. Kuivain on PLC ohjattu. Lisäksi kuivain voidaan varustaa kastepiste-ohjauksella. Pääventtiilit ovat suoria täysvirtaventtiilejä, joita ohjaa yhteinen toimintalaite. Se takaa ilman virtauksen kuivaimen läpi joka tilanteessa. Rajakytkimillä valvotaan venttiilien toiminta. Kaikki venttiilit ovat pneumaattisesti ohjattuja.

Pohjasiivilä on valmistettu ruostumattomasta teräksestä.

Kuivainaineen pyöreän muodon ansiosta ilman virtaus on tasaista ja virtausvastus on pieni.

Ilman virtaussuunta kuivaintornissa on alhaalta ylöspäin. Näin vältetään kuivainaineen läpikostumiselta. Elvytysvaiheessa kuuma puhallinilma virtaa paineettomassa tornissa ylhäältä alaspäin. Lämpö-vastukset sijaitsevat kuivaintornissa olevassa ilmanjakovaiheessa, siten että ylikuumenemista (hot spot) ei pääse syntymään. Ratkaisu on energiaa säästävää, koska myös säteilylämpö tulee hyödynnetyksi. Elvytyslämpötilaa ohjataan ja suojataan lämpöantureilla.

Elvytysvaiheen jälkeen lämmin kuivaintorni jäähdytetään kuivalla laajentuneella paineilmalla (n. 1 h), jonka jälkeen tornien paineentasausta tapahtuu. Tornien vaihto tapahtuu ilman paineiskuja.

Kuivaimen ohjauskaapissa olevasta helppokäyttöisestä valikkopohjaisesta Elektronikon ohjausyksikön näytöstä näkee paineet, lämpötilat aika-asetukset, häilytykset, käyttötunnit ja kastepisteen.

Kuivaimen vakiovarustukseen kuuluu elvytysenergian säästöjärjestelmä joka lyhentää elvytysjakson kosteuskuormituksen mukaan katkaisemalla elvytysvaiheen kun kuivainaine on kuiva.

Kastepisteohjauksella saavutetaan lisäenergiansäästöä pidentämällä kuivaintornien vaihtoväliä kosteuskuormituksen mukaan.

Kuivainaine sisältyy toimitukseen mutta toimitetaan erikseen (täytettävä asennuspaikalla). Muilta osin kuivain toimitetaan käyttövalmiina yksikkönä.

Kuivaintornit ovat EU:n painelaitedirektiivin mukaisia ja CE-merkittyjä.

Oy Atlas Copco Kompressorit Ab

Tuupakankuja 1
01740 VANTAA
Kotipaikka Vantaa

Ly-0642892-1 Kaupparek.nro 381.876

☎ (09) 296 441

Fax (09) 2964 251/ Myynti
(09) 2964 319/Huolto

www.atlascopco.fi

e-mail: etunimi.sukunimi@atlascopco.com



TARJOUS

NO 374/1005/6HLFRR

28.10.2005

10(14)

TEKNINEN ERITTELY

Atlas Copco yleissuodatin DD- 1800F

Atlas Copcon yleissuodatin poistaa tehokkaasti epäpuhtauksia kuten öljypisaroita ja kiinteitä partikkeleita paineilmaasta. Suodatin on varustettu elektronisella lauhteenpoistimella, ja vaihdettavilla suodatinelementeillä sekä paine-eromittarilla. Suodatinelementeissä on suuret suodatuspinnat painehäviön minimoimiseksi ja pitkän käyttöiän saavuttamiseksi.

Nimellisolosuhde	Tulopaine	7,0 bar(e)
	Paineilman ja ympäristön lämpötila	20 °C
	Tuloilman öljypitoisuus	3 mg/m ³
Raja-arvot	Maksimi tulopaine	16 bar(e)
	Minimi tulopaine	1,0 bar(e)
	Maksimi tulo- ja ympäristölämpötila	66 °C
	Minimi tulo- ja ympäristölämpötila	1,0 °C
	Maksimi tuloilman öljypitoisuus	15 mg/m ³
	Suosittelun maks. painehäviö (elementinvaihto)	0,35 bar
Tekniset tiedot	Maksimi painehäviö	7,0 bar
	Nimelliskapasiteetti	1800 l/s
	Nimellispainehäviö kuivana (uusi)	0,05 bar
	Nimellispainehäviö kosteana (uusi)	0,12 bar
	Suodatuskyky	1,0 mikr.
	Öljypitoisuus suodattimen jälkeen (paineilman lämpötilan ollessa +20 °C)	0,1 mg/m ³
	Laatuluokka ISO 8573-1 mukaan	2 – 2
	Paineastialuokitus	CE
	Suodatinelementtien määrä	7 kpl
	Suodatinelementin materiaali	Borosiliikaatti (mikrokuitu)
	Liitännäiskoko	DN 150 PN 16
	Paino	165 kg
Mitat	- korkeus	1467 mm
	- laippaväli	570 mm
	- syvyys	520 mm

Oy Atlas Copco Kompressorit Ab

Tuupakankuja 1
01740 VANTAA
Kotipalkka Vantaa

Lp-0642892-1 Kaupparek.nro 381.876

☎ (09) 296 441

Fax (09) 2964 251/ Myynti
(09) 2964 319/Huolto

www.atlascopco.fi

e-mail: etunimi.sukunimi@atlascopco.com



TARJOUS

NO 374/1005/6HLFRR

28.10.2005

11(14)

TEKNINEN ERITTELY

Atlas Copco hiukkassuodatin DDP- 1800F

Atlas Copcon hiukkassuodatin poistaa tehokkaasti kiinteitä partikkeleita paineilmaasta. Suodatin on varustettu käsityhjennyksellä ja vaihdettavilla suodatinelementeillä sekä paine-eromittarilla. Suodatinelementeissä on suuret suodatuspinnat painehäviön minimoimiseksi ja pitkän käyttöiän saavuttamiseksi.

Nimellisolosuhde	Tulopaine	7,0 bar(e)
	Paineilman ja ympäristön lämpötila	20 °C
Raja-arvot	Maksimi tulopaine	16 bar(e)
	Minimi tulopaine	1,0 bar(e)
	Maksimi tulo- ja ympäristölämpötila	66 °C
	Minimi tulo- ja ympäristölämpötila	1,0 °C
	Suosittelun maks. painehäviö (elementinvaihto)	0,35 bar
	Maksimi painehäviö	7,0 bar
Tekniset tiedot	Nimelliskapasiteetti	1800 l/s
	Nimellispainehäviö	0,05 bar
	Suodatuskyky	1,0 mikr.
	Laatuluokka ISO 8573-1 mukaan	2 - -
	Paineastialuokitus	CE
	Suodatinelementtien määrä	7 kpl
	Suodatinelementin materiaali	Borosiliikaatti (mikrokuitu)
	Liitännäskoko	DN 150 PN 16
	Paino	165 kg
	Mitat	- korkeus 1467 mm
		- laippaväli 570 mm
		- syvyys 520 mm

Oy Atlas Copco Kompressorit Ab

Tuupakankuja 1
01740 VANTAA
Kotipaikka Vantaa

Ly-0642892-1 Kaupparek.nro 381.876

☎ (09) 296 441

Fax (09) 2964 251 / Myynti
(09) 2964 319 / Huolto

www.atlascopco.fi

e-mail: etunimi.sukunimi@atlascopco.com



TARJOUS

NO 374/1005/6HLFRR

28.10.2005

12(14)

Oy Atlas Copco Kompressorit Ab:n yleiset myyntiehdot

1 Toimitusehdot

Tavarahan hinta perustuu toimitusehtoon "vapaasti huolitsijamme varastossa Vantaalla ilman pakkausta". Ostaja maksaa aina kuljetusmaksut perille saakka ellei muusta ole erikseen sovittu.

1.2 Pientoimituslisä

Toimituksista, joiden veroton kauppahinta on alle 85 € peritään muiden toimituskulujen lisäksi pientoimituskuluina 8 € (alv 0 %).

1.3 Pakkaukset

Tavarahan pakkaus- ja käsittelykustannuksista veloitus peritään syntyneiden kustannusten mukaisesti.

2 Maksuehdot

Maksuehto on 14 päivää netto. Viivästyskorko on 16 prosenttia.

3 Tavarahan palautus

Virheettömän tavarahan voi palauttaa ainoastaan sopimalla asiasta etukäteen myyjän kanssa. Sopimisen on tapahduttava kahdeksan (8) vuorokauden kuluessa siitä, kun ostaja on ottanut tavarahan vastaan. Palautus voidaan hyväksyä, mikäli kysymyksessä on tilauksen mukaisesti toimitettu Atlas Copco standardituote tai -varaosa, joka on pakkauksineen täysin virheetön ja on palautettu rahtivapaasti myyjälle. Palautettaessa on aina ilmoitettava laskun numero ja päivämäärä sekä kenen kanssa palautuksesta on sovittu. Myyjä hyvittää ostajaa virheettömän Atlas Copco standardituotteen ja virheettömän Atlas Copco standardivaraosan palauttamisesta 80 prosenttia tavarahan arvosta. Erityisesti ostajaa varten tilattuja tai hankittuja virheettömiä tuotteita tai varaosia ei myyjälle voi palauttaa.

4 Muilta osin noudatetaan Teknisen Kaupan Liiton yleisiä myyntiehtoja, TKL 04. TKL yleiset myyntiehdot liitteenä.

Myyntihintamme ovat aina ilman arvonlisäveroa.

Oy Atlas Copco Kompressorit Ab

Tuupakankuja 1
01740 VANTAA
Kotipalkka Vantaa

Ly-0642892-1 Kaupparek.nro 381.876

☎ (09) 296 441

Fax (09) 2964 251/ Myynti
(09) 2964 319/Huolto

www.atlascopco.fi
e-mail: etunimi.sukunimi@atlascopco.com

TEKNISEN KAUPAN LIITTO YLEISET MYNTIEHDOT

1 Soveltamisala

Nämä ehdot koskevat elinkeinonharjoittajien välisiä kauppiaa koskevia kauppiaa.

2 Kaupan päättäminen

2.1 Tarjous

Myyjän tarjous on voimassa tarjouksessa mainitun ajan. Mikäli voimassaoloaika ei ole mainittu, on se 30 päivää tarjouksen päivästä. Tarjoukseen liittyvät kuvat, piirustukset, laskelmat ja muut asiakirjat ovat myyjän omaisuutta. Tarjouksen saajalla ei ole oikeutta käyttää niitä myyjän vahingoksi tai antaa niistä tietoja kolmannelle henkilölle.

Tarjouksen hinta perustuu valuuttakurssien tarjouksen tekopäivän, ellei tarjouksessa ole toisin mainittu.

2.2 Sopimuksen syntyminen

Tarjousohjauksessa kaupassa sopimus syntyy, kun ostaja on ilmoittanut hyväksyvänsä myyjän tarjouksen. Muussa tapauksessa kauppa syntyy, kun myyjä on vahvistanut tilauksen tai toimittanut tavarat.

Ostajan tilauksen poikkeus myyjän tarjouksesta, kaupan katsotaan syntyneen myyjän tarjouksen mukaisiin ehtoihin, ellei myyjä ole kirjallisesti muuta vahvistanut.

3 Myyjän velvollisuudet

3.1 Toimitusaika

Ellei toisin ole sovittu, toimitusaika on luettava alkavaksi siitä alka mainitusta ajankohdasta, joka on myyjäisin:

- sopimuksen tekopäivästä
- viranomaisen lupaa edellyttävissä kauppoissa lupailmoituksen saapumisesta myyjälle
- sovitun vakuuden tai ennakkomaksun antamisesta
- ostajan toimitukselle välttämättömien tietojen antamisesta

3.2 Toimitusehdot

Mikäli tavara on myyty FOB, FAS, CIF tai muilla vastaavilla ehdoilla, noudatetaan kulloinkin voimassa olevia INCOTERMS-määritelmiä. Mikäli muutoin ei ole sovittu, tavara on ostajan noudettavissa myyjän varastolla sovitun päivän tai ajankohdan tai jos aikaa ei ole määrätty, kohtuullisen ajan kuluessa.

3.3 Vaaranvastuun siirtyminen

Vaaranvastuu siirtyy ostajalle, kun tavara sopimuksen mukaisesti luovutetaan ostajalle tai itsenäisen rahdinkuljettajan kuljetettavaksi, jolloin toimitusluokasta muuta johdetaan.

Ellei tavaraa luovuteta oikeaan aikaan ja tämä johtuu ostajasta tai ostajan puolelta olevasta seikasta, vaaranvastuu siirtyy ostajalle, kun myyjä on tehnyt sen mitä häneltä sopimuksen mukaan edellytetään luovutuksen mahdollistamiseksi.

3.4 Takuu

Myyjälle tavara on voimassa valmistajan ehtojen mukainen takuu, ellei toisin sovit.

3.5 Tavarain ominaisuudet

Myyjä vastaa tavarain laadusta ja muista ominaisuuksista vain sopimuksessa määrättyjen ja muiden myyjän kirjallisesti antamien, nimenomaan kyselyyn kauppaan liittyvien tietojen mukaisesti. Ostaja vastaa myyjälle antamiensa tavarain käyttötarkoituksen liittyvien tietojen oikeellisuudesta.

3.6 Vlivästy

Myyjä on velvollinen heti vlivästyksen tiedon saatuaan ilmoittamaan siitä ostajalle ilmoittaen samalla vlivästyksen syyn ja arvioitua uuden toimituspäivän. Milloin tavarain valmistaja tai se, jota myyjä tavarain hankkii, ei ole täyttänyt sopimustaan ja myyjän toimitus tämän johdosta vlivästyy, myyjä ei ole velvollinen korvaamaan ostajalle tästä mahdollisesti aiheutunutta vahinkoa. Mikäli tavaraa ei luovuteta tai se luovutetaan liian myöhään, eikä tämä johdu ostajasta tai ostajan puolelta olevasta seikasta, ostajalla ei ole kuitenkaan oikeutta vaatia toimitusta, jos olosuhteissa on tapahtunut sellainen muutos, joka olennaisesti muuttaa alkuperäisesti sovitujen suoritusvelvollisuuksien suhdetta. Jos vlivästy johtuu myyjän tuottamuksesta, ostaja voi vaatia osittamastaan vlivästyisestä vahingosta vahingonkorvausta, jonka suuruus on enintään 0,5 % myyjästyneen toimituksen arvosta kutakin toimituspäivän jälkeistä täyttä viikkoa kohden. Korvauksen kokonaismäärä voi kuitenkin nousta enintään 7,5 %:in tavarain arvosta.

3.7 Vlivästy vahingot

Myyjä ei ole velvollinen korvaamaan vlivästyksestä tai toimituksen virheellisyydestä ostajalle aiheutuneita vlivästyksiä vahinkoja kuten tuotantotappiota, saamatta jäänyttä voittoa tai muuta taloudellista seurannaisvahinkoa.

4 Ostajan velvollisuudet

4.1 Kauppahinta

Kauppahinta on osapuolten kesken sovittu hinta. Myyjällä on kuitenkin oikeus tarkistaa kauppahintaa jäljempänä kohdassa 4.3. määritellyissä edellytyksissä. Ellei hintaa ole sovittu niin kauppahinta on myyjän veloitama käypä hinta.

4.2 Maksuaika

Varastotoimitusten osalta laskun mukaisen maksuajan laskenta alkaa laskutuspäivästä ja tehdastoimituksissa toimituspäivästä. Ellei maksuehdosta ole toisin sovittu, maksuaika määräytyy myyjän yleisesti käyttämän maksuehdon mukaan.

4.3 Kauppahinnan tarkistaminen

Myyjä pidättää itsellään oikeuden hintojen tarkistukseen, mikäli valuuttakurssit, tuontimaksut tai muut tavaraintoimittajasta riippumattomat maksut, verot tai muut julkisoikeudelliset maksut muuttavat ennen ostajan maksusuoritusta. Kauppahintaa vaikuttavien valuuttakurssien muuttuessa myyjällä on oikeus muuttaa markkamääräistä hintaa samassa suhteessa siitä kauppahinnan osalta, jota myyjä ei ole ostajalta vastaanottanut vähintään yhtä arkipäivää ennen kurssin muutoksen tapahtumapäivää. Arkipäivää tarkoitetaan tarkoitetaan täällä päivää, jona suomalaiset pankit myyvät ulkomaan valuuttaa.

Valuuttakurssien muuttuessa verrataan toisiinsa maksupäivän kurssia ja tarjouspäivän kurssia. Mikäli tarjouspäivän jälkeen on sovittu muusta kurssista, sitä käytetään tarjouspäivän kurssin sijasta.

Oy Atlas Copco Kompressorit Ab

Tuupakankuja 1 Ly-0642892-1 Kaupparek.nro 381.876 ☎ (09) 296 441 Fax (09) 2964 251 / Myynti
01740 VANTAA (09) 2964 319/Huolto
Kotipaikka Vantaa www.atlascopco.fi
e-mail:etunimi.sukunimi@atlascopco.com

Jos valuuttakurssi muuttuu laskun erääntymispäivän jälkeen eikä kauppahintaa ole tuolloin maksettu, määräytyy markkamääräinen hinta kuitenkin vähintään erääntymispäivän kurssin mukaan. Tunnustetta ei tässä yhteydessä katsota maksuksi.

4.4 Viivästyskorko ja perintäkulut

Maksun viivästyksestä peritään viivästysajalta myyjän kulloinkin soveltaman korkokannan mukaisia viivästyskorkoa laskun mukaisesta eräpäivästä lukien. Myyjällä on viivästyskoron lisäksi oikeus periä kohtuulliset perintäkulut.

4.6 Vakuudet

Mikäli vakuuden asettamisesta on sovittu, vakuus on annettava ennen tavarantoimituksen aloittamista. Myyjä on oikeutettu vaatimaan tämänkin jälkeen vakuuden kauppahinnan maksamisesta, mikäli hänellä on painavia syitä olettaa, että kauppahinta tai sen osa jäisi suorittamatta. Myyjällä on oikeus viivytellä jatkotoimituksia, kunnes erääntyneet maksut on suoritettu tai hyväksyttävä vakuus on annettu. Myyjä on tähän oikeutettu myös silloin kun erääntynyt kauppahinnan osa on jäänyt maksamatta. Tästä viivästyksestä johtuvia korvausvaatimuksia ei ostajalla ole oikeutta esittää.

4.8 Reklamaatio ja virheen korjaaminen

Jos toimitus on jollakin osin virheellinen, ostajan tulee kirjallisesti ilmoittaa virheestä myyjälle 8 arkipäivän kuluessa toimituspäivästä. Myyjällä on oikeus ensisijaisesti joko korjata virhe tai toimittaa uusi tavara. Ostajalla ei ole oikeutta vaatia toimitusta, jos olosuhteissa on tapahtunut sellainen muutos, joka olennaisesti muuttaa aikuperäisesti sovitun suoritusvelvoitteiden suhdetta.

6 Sopimuksen purkaminen

6.1 Ostajan oikeus purkuun

Mikäli myyjän toimitus poikkeaa olennaisesti sovitusta eikä puutetta ostajan kirjallisen huomautuksen johdosta kohtuullisessa ajassa korjata tai uutta sopimuksen mukaista tavaraa toimiteta tai jos myyjästä riippuvasta syystä toimitus viivästyy siten, että siitä aiheutuva ostajalle kohtuutonta haittaa, on ostajalla oikeus purkaa sopimus. Jos kaupan kohteena oleva tavara on valmistettu tai hankittu erityisesti ostajaa varten hänen ohjeidensa ja toivomustensa mukaisesti, eikä myyjä voi ilman huomattavaa tappiota käyttää tavaraa hyväkseen muulla tavoin, saa ostaja purkaa kaupan myyjän viivästykseen vuoksi vain, jos kaupan tarkoitus jää hänen osaltaan viivästykseen vuoksi olennaisesti saavuttamatta.

6.2 Myyjän oikeus purkuun

Mikäli kauppahintaa ei makseta määräaikana eikä tämä johdu myyjästä, on myyjällä oikeus purkaa kauppa tai se osa kauppaa, jota koskevaa tavaraa ostaja ei ole vielä vastaanottanut, mikäli viivästys on oleellinen. Myyjällä on purkioikeus myös silloin, kun ostajan ilmoituksen perusteella tai muuten on ilmeistä, että ostajan suoritus tulee viivästymään oleellisesti. Myyjä voi lisäksi purkaa kaupan, jos ostaja ei myytävää tavaraa kauppaan sovitulla tai muutoin kohtuuden edellyttämällä tavalla. Myyjällä on oikeus ilman korvausvelvoitetta purkaa sopimus, mikäli tavarantoimitus tulee mahdottomaksi tai olennaisesti myyjän aluperin edellyttämää kalliimmaksi Suomessa velvoittavan kansainvälisen sopimuksen tai tuontia rajoittavan säädöksen tai muun viranomaisen johdosta (esim. tuontitilat ja -rajaukset tai korotetut tullit).

6.3 Velvoittaminen este

Myyjä ei ole velvollinen täyttämään sopimusta, jos luonnoneste, tulipalo, konevaurio tai siihen verrattava häiriö, lakko, työsuikku, sota, liikekannaläpän, vienti- tai tuontikielto, kuljetusvälineiden puute, valmistuksen lopettaminen, liikennehäiriö tai muu sellainen este, jota myyjä ei voi voittaa, estää tavarantoimituksen tai sen osan toimittamisen. Myös silloin, kun sopimuksen täyttäminen edellyttäisi uhrauksia, jotka ovat kohtuuttomia verrattuna ostajalle siitä koituvaan etuun, myyjä ei ole velvollinen täyttämään sopimusta. Myyjä ei ole velvollinen korvaamaan ostajalle sopimuksen täyttämättä jättämisestä aiheutunutta vahinkoa ja hän voi myös purkaa sopimuksen.

6 Vakuutus

Osapuolet huolehtivat tavarantoimituksesta sovitun toimitusehtojen osoittaman vastuunjaon mukaisesti. Muista vakuutuksista on erikseen sovittava.

7 Vastuu tavarantoimituksesta vahingosta

Myyjän joutessa vastaamaan kolmannelle aiheutuneesta vahingosta tai menetyksestä, ostajan on hyvittävä myyjälle tästä aiheutunut tappio, jos myyjä (älämyyjä) a) ja b) kohtien mukaisesti on vapautettu ostajalle aiheutuvasta vastaavasta vahingosta ja menetyksestä. Myyjä ei vastaa tavarantoimituksen jälkeen aiheutuneesta vahingosta, jonka kohteena on

- a) kiinteä tai irtain omaisuus tavarantoimituksen oleskelu- tai hallinnassa
- b) ostajan valmistama tai valmistaman tuotteen sisältävä tuote, tai kiinteä tai irtain omaisuus, jota tuote tavarasta johtuvasta syystä vahingoittaa

Myyjä ei vastaa tuotantotappiosta, saamatta jääneestä voitosta tai muusta taloudellisesta seurannavahingosta. Näitä vastuunrajoituksia ei sovelleta, mikäli myyjä on syyllistynyt törkeään huolimattomuuteen.

Mikäli kolmas osapuoli esittää ostajalle tähän kohtaan perustuvan korvausvaatimuksen, tästä on heti ilmoitettava toiselle osapuolelle.

8 Omistusoikeuden siirtyminen

Omistusoikeus tavarasta siirtyy ostajalle silloin, kun koko kauppahinta on maksettu, ellei erikseen ole toisin sovittu. Tunnustetta ei tässä yhteydessä katsota maksuksi.

9 Ilmoitukset

Toiselle osapuolelle lähetettyjen ilmoitusten perille tulosta vastaa lähettäjä.

10 Erimielisyyksien ratkaiseminen

Myyjän ja ostajan väliseen sopimukseen liittyvät erimielisyydet, ellei erimielisyyksiä pystytä ratkaisemaan osapuolten välisin neuvotteluin, ratkaistaan myyjän kotipaikan yleisessä alioikeudessa.

Oy Atlas Copco Kompressori Ab

Tuupakankuja 1	Ly-0642892-1	Kaupparek.nro 381.876	☎ (09) 296 441	Fax (09) 2964 251/ Myynti
01740 VANTAA				(09) 2964 319/Huolto
Kotipaikka Vantaa				www.atlascopco.fi
				e-mail:etunimi.sukunimi@atlascopco.com